nature
الطبعة العربية
الدورية الشهرية العالمية للعلوم

نحو مخطّط رسم بياني لدائرة النوم والاستيقاظ
صفحة 57

التحكم في النوم

البيئة المبنية
التجربة المكتبية
عِلْم بناء منازل ومكاتب صحية
صفحة 32

مضادّات الميكروبات
مَوْرِد ثمين
الاحترام والاهتمام لَازِمَان لمكافحة المقاوَمة
صفحة 35

تطوير أدوية
المُسَكِّن المثالي
مُسَكِّن آلام مماثِل للأفيون، بدون آثار جانبية
صفحة 46

ARABICEDITION.NATURE.COM
نوفمبر 2016 / السنة الخامسة / العدد 50
ISSN 977-2314-55003

nature

نوفمبر 2016 / السنـــة الخامسة / العـدد 50

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم في شهر

في هذا العدد من دورية "*Nature* الطبعة العربية" تجدون مختارات من منشورات دورية *Nature* الدولية في خمسة أعداد أسبوعية، من الخميس الموافق 8 سبتمبر إلى الخميس الموافق 6 أكتوبر 2016. ويضم العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تَقَدُّم العلوم، نعرض منها ما يلي:

في قسم "رؤية كونية"، وتحت عنوان " الجدل الدائر حول المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا يصنع التاريخ"، يرحب فيفيان موزيس بالعمل الجاري على إنشاء أرشيف لكل ما يتعلق بالخلاف الدائر حول التعديل الوراثي في المملكة المتحدة، الذي يعمل عليه مع آخرين، وبالإسهامات الجديدة في هذا الصدد، متمنيًا أن يلهم هذا العمل آخرين حول العالم لإنشاء أرشيفات للتعديل الوراثي في بلادهم.

وفي قسم "أخبار في دائرة الضوء"، وتحت عنوان "خطة بتكلفة ثلاثة مليارات دولار لشفاء الأمراض"، نعرض مزيدًا من التفاصيل حول مبادرة المؤسِّس المشارِك لموقع التواصل الاجتماعي "فيسبوك"، مارك زوكربرج وزوجته تشان؛ لتعزيز الجهود الرامية إلى القضاء على الأمراض في العالم بتكلفة ثلاثة مليارات دولار، مستثمرين ريع حصصهما في "فيسبوك".

وفي القسم نفسه، موضوع بعنوان "البذور السورية في مسكن جديد"، نتعرف فيه على الجهود المبذولة لمضاعفة البذور المخزَّنة في بنك البذور في حلب سوريا، ونقلها إلى بنكين جديدين في تربل في لبنان، والرباط في المغرب؛ لتوفير آلاف البذور في متناول أيدي الباحثين؛ لاستنسال سلالات جديدة تواجه التغيرات المناخية، بعد أن أصبح الوصول إلى البذور في بنك حلب شبه مستحيل.

وفي قسم "التحقيقات"، وتحت عنوان "التجربة المكتبية"، نستعرض مختبَر "ويل ليفينج" Well Living Lab، ثمرة التعاون بين مجموعة "مايو كلينك"، وشركة "ديلوس" Delos المختصة بالتصميم والتكنولوجيا، الذي يهدف إلى احتضان الدراسات المعنية بمدى تأثير البيئة الداخلية للأماكن المغلقة على الصحة والرفاهية العامة والأداء.

ويحتوى القسم ذاته على موضوع مثير للاهتمام، بعنوان "كيف تنشئ عبقريًّا"، ويستعرض دراسة تستهدف الأطفال الاستثنائيين، وكيفية اكتشاف مواهبهم، وتوجيههم؛ ليصبحوا علماء وقادة المستقبل.

وفي قسم "أنباء وآراء"، وتحت عنوان "خريطة بصمة الإنسان على الأرض" يتناول فيليب جيه. كيه. ماكجاون تحليلًا لتأثير الإنسان المباشر في أنحاء سطح كوكب الأرض، باستخدام صور الأقمار الصناعية والمسوح الأرضية، يكشف عن نطاق "بصمة الإنسان" على العالم، وما طرأ عليها من تغيرات بين عامي 1993، و2009.

وفي القسم ذاته، وتحت عنوان " حماية الجينات عن طريق التغذية "؛ يستعرض كل من جونكو أوشيما، وجورج إم. مارتن بحثًا يقول إن التقييد الغذائي بدرجة معتدلة نسبيًّا يمكن أن يقلل من تلف الحمض النووي، ويطيل حياة الفئران، التي تحاكي اضطرابات عمليات إصلاح الحمض النووي في البشر، وهي دراسة تعزز الأدلة الداعمة لفكرة أن عدم الاستقرار الجينومي يمثل آلية رئيسة تكمن وراء متلازمات بروجيرويد البشرية.

أما في "التعليقات"، وتحت عنوان "لنستعمل مضادات الميكروبات برشد"، يرى بيتر إس. يورجنسن، وديديه وِرنلي وزملاؤهما أنه يتعيَّن على الأمم المتحدة إعادة صياغة الإجراءات حيال مقاومة مضادات الميكروبات، مقترحين عددًا من الخطوات الرئيسة؛ لمواجهة هذه الأزمة الصحية.

وفي القسم ذاته، وتحت عنوان "فك شفرة الإنكار"، يبحر بنا ديف ربي في تاريخ التشويش على علم المناخ في الولايات المتحدة، من خلال كتاب عالم الفيزياء، مايكل مان "تأثير بيت المجانين"، الذي يعرض فيه برسوم توضيحية مرحة الحربَ التي خاضها مع علماء آخرين ضد المنكرين لظاهرة التغيرات المناخية، والاحترار العالمي.

وفي قسم "مهن علمية"، وتحت عنوان "الانفتاح على الأعمال التجارية"، يطرح كريس ولستون خيارات جديدة لوظائف ما بعد الدكتوراة، بعيدًا عن الحياة الأكاديمية، مستعرضًا عددًا من التجارب لباحثي ما بعد الدكتوراة، اختاروا طريق الشركات الخاصة، أو قطاع الصناعة؛ ووجدوا أنها حققت لهم ما كانوا يتمنونه من تجارب مختلفة، وانتشار لأعمالهم.

قرّاء *Nature* الأعزاء.. نوجه عنايتكم إلى أن هذا هو العدد الأخير المطبوع من مجلة *Nature* الطبعة العربية، وستجدون في "الافتتاحيات" توضيحًا لسبب هذا التحول، الذي نأمل أن يحوز إعجابكم.

مدير تحرير الترجمة
القائم بأعمال نائب رئيس التحرير
علياء حامد

المحتويات

نوفمبر 2016 / السنة الخامسة / العدد 50

هــذا الشــهـــر

افتتاحيات



رؤية كونية

أضواء على البحوث

ثلاثون يومًا

مهن علمية

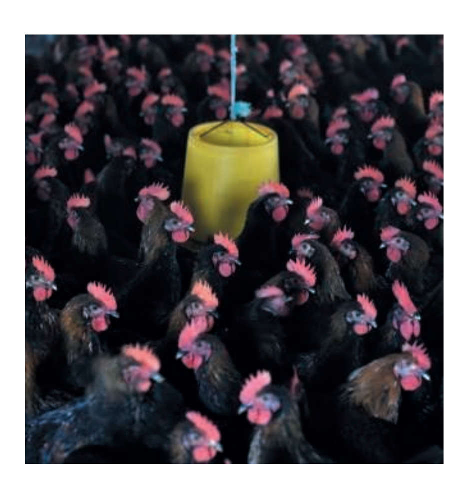
لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: arabicedition.nature.com/jobs

أخبـــار فى دائرة الضــوء

تحقيقات



تعليقات



كتب وفنون



مستقبليات

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

نوفمبر 2016 / السنة الخامسة / العدد 50

أبحـــاث

أنباء وآراء



KELLY KRAUSE/NATURE — SOURCE IMAGES: TWIN DESIGN/SHUTTERSTOCK; FRANZ WEBER & YANG DAN

على الغلاف

التحكم في النوم

في استعراض في هذا العدد، يستكشف فرانز ويبر، ويانج دان الحالة الراهنة لأبحاث دائرة النوم، ويرسمان مسارًا موجهًا نحو هدفٍ طموح، وهو مخطط رسم بياني شامل لشبكة التحكم في النوم والاستيقاظ، التي تفصل الدور الوظيفي لكل نوع من الخلايا، والتفاعلات فيما بينها. صفحة 57

ملخصات الأبحاث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هــذا الشهــر

افتتاحيات

إعلان الطبعة العربية تتحول إلى الإلكترونية، مع مزيد من التنوع والسرعة **ص. 9**

رؤية كونية فرص كبيرة لدى رفع الحظر الأمريكي عن بحوث "الكائنات الهجينة" **ص. 11**



نمل مدمن لا تستطيع الحشرات أن ترفض المورفين ببساطة **ص. 14**

الحيــاة بعد ترك العمــل الأكــاديمي

هناك تقرير يوضح مدى الشعور بالرضا الوظيفي لدى شباب العلماء، بعد تركهم العمل في مجال البحث الأكاديمي، وهو التوجه الذي ينبغي الاحتفاء به.

أرادت إميلي أن ترى أناسًا آخرين. وكان ستيوارت يستمتع بسلسلة من العلاقات قصيرة الأمد، لكنه أدرك أنه بحاجة إلى مزيد من الالتزام. بعد سنوات من عدم الاستقرار، وحياة الكفاف، قررت فيونا أن تتبع ما يحدثها به قلبها. وجدت الغالبية القرار عاطفيًّا، ومجهِدًا، وشعرت حياله بالذنب. وساور القلقُ البعضَ مِن أن يكونوا قد أخذوا الأمور بسطحية، لكنهم أقرُّوا ـ بحُرِّيَّة تامة ـ بأنهم تركوا العمل الأكاديمي؛ بحثًا عن المال.

كانت ضغوط تَرْك العمل في مجال البحث الأكاديمي قاسية على شباب العلماء هؤلاء، وغيرهم، لكن معظمهم أدرك بعد فترة أنه اتخذ القرار الصائب، بينما وقعت قلة منهم ـ في وقت لاحق ـ فريسة للندم؛ خشية أن يكونوا قد زَجُّوا بأنفسهم في متاهة خروج متسرِّع، وغير مدروس، وأرادوا تدارُك الأمر، لكنها سُنّة الحياة.

الأهم من ذلك.. أنّ جميعهم يعتقدون أنهم تعلموا من التجربة، ويريدون أن يقدموا يد العون للآخرين ـ مِن أمثالك ـ الذين ربما يعيشون الآن هذه التجربة، أو يفكرون في الانفصال عن العمل الأكاديمي. ولا تختلف نصيحتهم عن تلك التي يردِّدها الأصدقاء، وأفراد الأسرة، وكُتّاب الاستشارات على مدار قرون: إذا لم تكن سعيدًا، فالأمر لا يناسبك.

والحقيقة أن عددًا كبيرًا من قرّاء دورية *Nature* لا يشعرون بالسعادة، إذ إنهم يبوحون بشكواهم ـ من خلال الاستبيانات، ومن خلال مراسلة الدورية مباشرةً ـ من الشعور بعدم الرضا عن وظائفهم الجديدة (وغير الجديدة تمامًا) في مجال البحث العلمي. تجتمع عوامل كثيرة، تتعلق بعدد الساعات، وأعباء العمل، وعدم الاستقرار الوظيفي في مرحلة ما بعد الدكتوراة، والتطلعات، والأجور المنخفضة، والضغوط، والتنافس، وقِلّة الفرص، والخوف من الفشل؛ لتزيد من صعوبة سنوات العمل الأولى بشكل كبير. وينطبق الأمر ذاته على مِهَن أخرى كثيرة؛ لكن شباب العلماء لديهم أكثر من سبب للشعور بالإحباط، عندما تخرج الأمور عن سياق الخطة الموضوعة. فقد أنهوا جميعًا تقريبًا دراسة الدكتوراة، ولطالما تردَّد على مسامعهم أن المؤهل الدراسي ـ إضافة إلى الجهد والتفاني ـ هو الخطوة الأولى على سلم الارتقاء إلى منصب أكاديمي دائم.

> **«لم يكونوا "فاشلين"، أو أناسًا غير قادرين على مواكبة إيقاع العمل المتسارع».**

وقد أشارت دورية *Nature* ـ وغيرها من الدوريات ـ منذ فترة طويلة إلى كذب هذه الادعاءات؛ إذ توجد أعداد لا حصر لها من طلاب الدكتوراة، في مقابل أعداد محدودة للغاية من الوظائف العليا. وهنا تكمن محنة حمَلة الدكتوراة؛ فهم يقعون بين مطرقة تغيير المهنة، وسندان السعي إلى زيادة رصيدهم بما يضمن لهم المضيّ قدمًا.

ربما يكون مؤلمًا للغاية لهؤلاء أن يدركوا أن مآلهم إلى مِهَن أخرى، وأن العمل في الدوائر الأكاديمية لن يصل بهم يومًا إلى الشعور بالرضا البحثي (أو على الأقل الحصول على راتب مناسب يُعتمد عليه). لذا، فبرغم صعوبة الموقف، فإن التقرير الخاص بالدراسة الاستقصائية عن العلماء الذين حلقوا في آفاق أخرى، وبلغوا النهاية السعيدة، من شأنه أن يخفف من حدة هذه الآلام.

صَدَرَ هذا التقرير ـ الذي يحمل عنوان: "ماذا يفعل العاملون في مجال البحث العلمي في المرحلة التالية؟" ـ عن مركز الأبحاث والاستشارات المهنية في مدينة كمبريدج بالمملكة المتحدة، وذلك بمساعدة مراكز أخرى، بما فيها "نيتشر جوبز" Naturejobs. يحلل هذا التقرير الاستجابات الواردة في الدراسة الاستقصائية، الخاصة بإميلي، وستيوارت، وفيونا، ومئات الباحثين الأكاديميين من جميع أنحاء أوروبا، الذين عملوا سابقًا كباحثين متفرغين، ثم تركوا عملهم إلى مهن أخرى. دعك من الكليشيهات الكثيرة؛ فهؤلاء لم يكونوا "فاشلين"، أو أناسًا 'غير قادرين على مواكبة إيقاع العمل المتسارع'. فقد نشر أكثر من ثلاثة أرباعهم بحوثًا كمؤلفين رئيسين، كما نشر خُمْسهم بحوثًا في دوريات ذات مُعامِل تأثير مرتفع، مثل دورية *Nature*، وتَمَكَّن رُبْعهم من الفوز بمِنَح تنافسية.

لم يكن هؤلاء أيضًا شُبّانًا ساذجين، فَرَضَ واقع مكان العمل نفسه عليهم. كان معظمهم في الثلاثينات من أعمارهم، عندما بَلَغَتْ خبرةُ ما يقرب من ثُلْثهم عشرَ سنوات. وربما الأهم من ذلك، هو أن ثمانية من كل عشرة منهم كانوا يطمحون إلى الالتحاق بعمل أكاديمي، لكنهم غَيَّروا آراءهم لثلاثة أسباب أساسية، هي: التطلع إلى آفاق أفضل على المدى الطويل، وتحقيق المزيد من الأمان الوظيفي، وعدم الرغبة في العمل بعقود ثابتة قصيرة الأجل.

في معظم الحالات، حَقَّق هؤلاء الشباب ما أرادوا؛ إذ شعر أكثر من أربعة من كل خمسة منهم بالرضا الوظيفي في وظائفهم الجديدة. وتَمَكَّن الكثيرون من البقاء على اتصال بالعلوم، وعملوا في وظائف ذات صلة، مثل الإدارة، والتوعية، والنشر.

لذا، على العِلم أن يتمنى لهم التوفيق. وكما أشارت دورية *Nature* من قبل، فإن مجموعات الباحثين، التي تخرج بصورة دورية من عالَم المؤسسات الأكاديمية إلى عالَم أرحب، وتتمتع بالنبوغ، والتدريب العالي، والثقافة العلمية، قادرة على إفادة المجتمع والعِلْم على السواء. لقد حان الوقت لاعتبار هذه التوجهات غير الرائجة عادية، وللقبول بالمسارات المهنية المختلفة التي يختارها شباب الباحثين، ودَعمها من قِبَل الجامعات، وكبار العلماء، وجهات تمويل البحث العلمي. وتتمثل البداية الجيدة في تقديم مشورة مهنية صادقة وواقعية. وتؤكد الدراسة الاستقصائية أن هؤلاء العلماء لم يُجبروا ـ في معظم الحالات ـ على ترك العمل البحثي، وإنما اختاروا ـ بإيجابية ـ الالتحاق بمهن أخرى، واستقبلهم العالَم الخارجي بحفاوة بالغة. ■

آلــة الزمــن

الخيال العلمي يحارب الماضي بقَدر ما يواجه المستقبل.

في عام 1969، كان بإمكانك شراء حصة من المستقبَل، حتى لو كانت مجرد نموذج من البلاستيك لمركبة الهبوط على القمر، لكن الثمن كان عالقًا في الماضي، فقد كان النموذج البريطاني يتكلف 5 شلنات و11 بنسًا، وذلك بنظام النقد ما قبل العشري، الذي يرجع تاريخه إلى العصور الوسطى، ويحفل باختصارات تعيد إلى الأذهان ذكريات الاحتلال الروماني لبريطانيا، عندما كان البنس يُختصر إلى 'd'، ويرمز إلى "الدينار".

أثار هذا النظام الغابر غضب هربرت جورج ويلز (1866 – 1946)، وإحباطه. وقد تم توثيق سخريته من هذه الآثار في مقال سيمون جيمس، المتأمل في الماضي، ثم في مقال سيدني بيركوويتز، الذي يحتفي بحلقات وسلسلة أفلام "ستار تريك"، التي ظلت ترتاد عوالم جديدة وغريبة منذ عام 1966. نُشر المقالان في دورية *Nature* ـ الطبعة الدولية ـ ضمن عددها الخاص بالخيال العلمي، الذي صدر في الأسبوع الثاني من سبتمبر الماضي.

في عام 1971، تحولت بريطانيا إلى نظام النقد العشري، لكنْ حتى الدول التي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

كانت تَستخدِم أموالًا من فئة مُضاعَفات "العَشرة" لسنوات طويلة لا يمكنها الهروب من تاريخ عملاتها؛ فكلمة "دولار" ـ على سبيل المثال ـ مشتقة من "طالر"، وهي عملة كانت تُستخدَم في منطقة بوهيميا في بداية القرن السادس عشر. ولذا، فإن ولع إحدى الدول الأكثر تقدمًا من الناحية التقنية بمخالفة "الوحدات العالمية للقياس" يُعَدّ مصدرًا للحرج، أو للتندر (حسبما ترى). ويُعَدّ الماضي تربة خصبة للجمود، تكافِح براعمُ المستقبَل للخروج من تحت ركامها. وكما قال ويليام جيبسون ـ مؤلف روايات السيبربنك ـ ذات مرة، فإن المستقبل موجود بالفعل، لكنه فقط موزع على نحو غير عادل.

كان ويلز محقًّا في الحرب التي شنها من أجل المستقبل؛ فقد ألقى به القَدَر ـ عند ولادته في عام 1866 ـ في خضم الأدخنة والروائح الكريهة، التي كانت تعجّ بها بريطانيا الفيكتورية، كابن من أبناء الطبقات الكادحة. كانت هذه السنة ـ كغيرها من السنوات ـ خليطًا من الماضي والمستقبل؛ حيث شهدت اندلاع الحرب النمساوية البروسية ـ التي طواها النسيان ـ بين امبراطوريتين شائختين، انهارتا منذ زمن طويل، لكنها شهدت أيضًا تأسيس الجمعية الملكية للطيران، واختراع ألفريد نوبل للديناميت.

نجح ويلز في الإفلات من مصيره كبائع في محل أقمشة، واستطاع في النهاية أن يكون أحد أصحاب الرؤى الاستشرافية في عصره، وقد نشرت أعماله في دورية *Nature* بانتظام. كان الشغل الشاغل لويلز ـ على المستويين الشخصي، والأكاديمي ـ هو الخروج إلى دائرة الضوء.

وبالنظر إلى أننا نعيش في عصر أكثر رفاهية، رغم كل ما يبدو أحيانًا عكس ذلك، فإننا نميل إلى تفكيك أعمال ويلز إلى نبوءات منفصلة عن هذه التقنيات التافهة، كالدبابات، والقنابل الذرية، دون تقدير لدوافعه وطموحاته للارتقاء، ليس بنفسه فحسب، وإنما بالبشرية كلها. كما نميل أيضًا إلى أن ننسى أنّ أُولَى رواياته الكاملة "آلة الزمن" *The Time Machine* لم تكن مجرد خيال عن المستقبل البعيد، وإنما إدانة صارخة للنظام الطبقي، الذي تتحول من خلاله الطبقات إلى جنسين منفصلين، لكنّ أحدهما يَعتمِد على الآخر. وهذان الجنسان هما "الإيلوي"، ويُقصَد به المُرَفَّهون والضعفاء والأغبياء، الذين يفترسهم "المورلوك" القبيحون والكادحون.

لم يكن هذا رمزًا خفيًّا؛ حيث تقول إحدى الشخصيات في رواية "روح المطران" (1917) *The Soul Of A Bishop*، وهي إحدى روايات ويلز التي لا تنتمي إلى الخيال العلمي: "نحن المورلوك قادمون!".

«المستقبَل موجود بالفعل، لكنه فقط موزَّع على نحو غير عادل».

يمكن أن أكون أكثر تجاوزًا، وأقول إنّ أهمية أعمال ويلز الآن تكمن في مَزْجها البديع بين القديم والجديد؛ حيث كَتَب ويلز عن الآلات البخارية عندما كان البخار مهملًا، وكانت آلاته المستقبلية مزينة بالجلد المزخرف يدويًّا، والنحاس المُحَزَّز، لكن ويلز وصل إلى ما وصل إليه ـ كما يقول برايان ألديس في كتابه "تريليون سنة من المرح" *Trillion Year Spree*ـ كشكسبير الخيال العلمي، لأنه تناول الأشخاص العاديين، واختبر ردود أفعالهم حيال التكنولوجيا، وعواقبها؛ فالقرود المُرد في مدينة ووكينج كانت تحرّض ضد العقول القادمة من كوكب المريخ، التي اتسمت بالرحابة، والهدوء، وعدم التعاطف.

تزامن العرض الأول لحلقات "ستار تريك" في التليفزيون مع الذكرى المئوية لصدور قانون الحقوق المدنية في الولايات المتحدة الأمريكية في عام 1866. كان الوقت مناسبًا للغاية؛ حيث كان الهدف الأساسي من هذه السلسلة هو تصوير مجتمع مستقبلي متناغم ومتضامن، وليس مجرد التنبؤ بمعجزات تكنولوجية، مثل التريكوردر وجهاز الإخفاء. انتقد آرثر تشارلز كلارك ـ وهو رمز من رموز الخيال العلمي ـ في كتابه "أغنيات الأرض البعيدة" *The Songs of Distant Earth* استخدام تقنية تافهة، مثل الانتقال الأسرع من الضوء، كحيلة سردية بسيطة، للسماح للأبطال بالانتقال من موقع إلى آخر "بحلول حلقة الأسبوع التالي المشوقة". وعلى غرار ويلز، استمدّ جين رودنبري ـ مبدع حلقات "ستار تريك" ـ شغفه بهذا العمل من الحاجة إلى الترفع عن مظالم الحاضر، وصياغة مستقبل أكثر عدالة.

وقد يتساءل البعض: لماذا تحتفي دورية *Nature* بويلز، و"ستار تريك" الآن في عددها المخصص للخيال العلمي (الذي يتضمن ـ للمرة الأولى ـ سلسلة الخيال العلمي "مستقبليات" ـ المستمرة منذ فترة طويلة ـ على هيئة رواية مصورة)؟ وتكمن الإجابة في أن هذا التاريخ يصادف ذكرى مرور 150 عامًا على ميلاد ويلز، و70 عامًا على وفاته، و50 عامًا على عرض حلقات "ستار تريك" في التليفزيون للمرة الأولى، وجميعها مضاعفات مُرْضِية للرقم 10، لكنها تقاس بوحدات تقوم على ثورة كوكب صغير، يدور حول نجم غير لافت للنظر، في ضواحي مجرّة عادية. إننا ـ كما رَثّانا ويلز ـ نرزح تحت أغلال الماضي، وربما يمر وقت غير معلوم، قبل أن نحتفل احتفالات مماثلة بالتمثيلات الثنائية للأرقام الغابرة الخاصة بوحدات زمن "بلانك". ■

مصـادر مدهشة للبيـانات

فحص محتويات المراحيض؛ بهدف منع الجرائم.

لا يفكر معظم الناس ـ عادةً ـ فيما يحدث بعد الضغط على صندوق الطرد بالمرحاض (السيفون)؛ إلا أنه في إحدى الجامعات الخاصة في ولاية واشنطن، وقبل خمسة أعوام، انشغل العلماء بالأمر؛ فقاموا بالتجسس على بعض التفاصيل شديدة الخصوصية الخاصة بمبائت الطلاب هناك. حَدَّد الباحثون الأوقات التي يتعرض فيها الطلاب للضغوط، واختبروا أخلاقهم، كما قاموا بحساب عدد مَن يتحايلون منهم على القوانين بتعاطي عقاقير تساعدهم على تحقيق درجات مرتفعة في الامتحانات. لم يكن لدى الطلبة وقتها أدنى علم بما يحدث، وربما مازالوا يجهلون الأمر حتى الآن.

كذلك ليس لدى المواطنين في عشرات المدن الأوروبية أدنى فكرة عن أنه يُجرى حاليًّا فحص فضلاتهم؛ من أجل "حمايتهم"، كما يُقال رسميًّا، ولا يعلمون أن الشرطة تستعين بالنتائج لتتبع الجرائم. كان المرحاض ومحتوياته في الماضي شيئًا شديد الخصوصية، لكنه يتحول الآن إلى عكس ذلك تمامًا، وهو إجراء يُطلق عليه "علم الأوبئة القائم على مياه الصرف الصحي"؛ إذ ساعدت تقنيات الكشف والتحليل المتطورة في تحويل محتويات المجاري ومواسير الصرف إلى مصدر قوي للبيانات. وأينما وُجِدت بيانات.. وُجِد باحثون، وبينما قد يكذب البعض، لا يمكن لبولهم الذي ينزل إلى المجاري أن يكذب. وعلى مدار ما يقرب من عشر سنوات، استُخدمت تحاليل مياه الصرف الصحي؛ للحصول على معلومات يودّ الناس لو أن أحدًا لا يعرفها، وعلى رأسها ما يتعلق بتعاطيهم العقاقير المحظور استخدامها. تتكسر العقاقير داخل الجسم بفعل عمليات الأيض، تاركة نواتج يمكن العثور على بعضها، وقياس كمياتها؛ للوصول إلى كمية المادة الأصلية التي تعاطاها الشخص. وبالدمج مع التقديرات الموثوق بها لأعداد الأشخاص الذين أسهموا بعيِّنة من مجموعة العينات التي تم جمعها، يمكن أن تقدِّم التحاليل دليلًا استرشاديًّا حول متوسط الاستهلاك، وكيف يتغير معدَّله.

هناك نتائج قد تكون جديرة بالذكر، لكنها لا تستحق الكثير من الاهتمام.. فليس من الغريب مثلًا أن نجد أن تعاطي الكوكايين يزداد في عطلات نهاية الأسبوع، كما يفضل الناس في البلدات والمدن الأصغر تعاطي أدوية الأمفيتامين المنشطة. وأيّ شخص يشاهد مسلسل "ناركوس" *Narcos* على شبكة "نتفليكس" Netflix ـ وهو مسلسل تدور أحداثه حول قصة حياة أحد أكبر تجار المخدرات في العالم، بابلو إسكوبار، ذي السمعة السيئة، وزمانه ـ لن يتفاجأ عند معرفة كميات الكوكايين الهائلة التي كانت تُطلق من سكان مدينة ميديلين في مياه الصرف الصحي عن طريق فضلاتهم؛ وهي إحدى معاقل إسكوبار في فترة ما.

وحتى الدراسة التي أُجريت على طلبة جامعة واشنطن بدت وكأنها تؤكد ما كانت تعرفه الغالبية، وهو أن الطلبة الجامعيين الأصحاء يتناولون أدوية لا يُفترَض أن تُصرف من دون وصفة طبيب ـ يُطلق عليها "أدوية الذكاء" ـ في محاولة لتعزيز قدراتهم الذهنية أثناء فترة الامتحانات (D. A. Burgard *et al*. *Sci*. *Tot*. *Environ*. **450-451**, 242-249; 2013).

بيد أن ورقة بحثية نُشرت في شهر سبتمبر الماضي في مجلة "فورينسيك ساينس إنترناشيونال" *Forensic Science International* قدمت احتمالًا جديدًا مثيرًا للاهتمام، حيث قام باحثون سويسريون ـ من خلال الورقة البحثية ـ بشرح كيفية تعاونهم مع محقِّقين مختصين في مكافحة المخدرات، للاستعانة بتحاليل مياه الصرف الصحي؛ لتسليط الضوء على هيكل أسواق تجارة المخدرات، ومعرفة المجرمين الذين يسيطرون عليها، ومدى تأثير العمليات الشُّرطية على مدى توافر المخدرات تلك (F. Been *et al*. *Forensic* *Sci*. *Int*. **266**, 215-221; 2016)، إلا أن النتائج ليست مضمونة، فعلى سبيل المثال.. التحاليل التي تُجرى على مُستقلبات نبات الحشيش تُعَدّ خادعة كيميائيًّا، ولا تستطيع التمييز بين جميع المصادر، ومع هذا.. فقد أظهرت الدراسة بعض النجاحات.

قُدِّر مدى استخدام الهيروين في لوزان من خلال قياس نِسَب المورفين في المصارف، وطُرحت الكمية التي يُعرف أنها قد أُخذت عن طريق وصفات طبية. وفي الفترة بين أكتوبر 2013، وديسمبر 2014، قَدَّر العلماء متوسط الاستهلاك اليومي للهيروين النقي في المدينة بـ13 جرامًا. وأثناء الدراسة، ألقت الشرطة القبض على اثنين من تجار المخدرات، بينما أشار تحليل المكالمات الهاتفية والمقابلات التي تمت مع المتعاطين إلى أن التاجرَين كانا يبيعان حوالي 6 جرامات يوميًّا فيما بينهم، وهو نصف إجمالي الاستهلاك السوقي اليومي. وأكدت هذه المعلومات ما توصلت إليه الاستخبارات الشُّرطية بأن الهيروين ـ على عكس عقاقير أخرى، مثل الميثامفيتامين ـ يوفره عدد صغير من التجار المحليين الذين يمكن استهدافهم.

لذا، يمكنك أن تضغط على "السيفون" للتخلص من فضلاتك، لكنك لن تستطيع إخفاء فعلتك. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تَصاعُد عدم المساواة

تشير التوجُّهات الحالية إلى أن العِلْم بدأ يصبح حكرًا على الطبقات العليا فقط.

مِن المفترض أن هناك حقائق مُطْلَقة، يعتبرها العِلْم من البديهيات. الحقيقة الأولى هي أن البحث العلمي يصحح نفسه ذاتيًّا، حيث تُستبعد النتائج غير المكتملة، وغير ذات الصلة، وغير الصحيحة من السجل العلمي مع مرور الوقت؛ حتى لا تبقى سوى النتائج التي تشكِّل أساسًا قويًّا قابلًا للتكرار في المستقبل. والحقيقة الثانية هي أن العِلْم يعتمد في تَقَدُّمه على المقدرة والعطاء الفردي الصادق، فالبحث العلمي والباحثون يتقدمون على أساس بيانات محايدة وتحليلات موضوعية، فتتجلَّى الموهبة حيث تتجلَّى الحقيقة.

ومن ثم، لفتت مقالات منشورة في دورية *Nature* وغيرها من الدوريات الانتباهَ إلى وجود شكوك حول طبيعة مسألة التصحيح الذاتي في العلوم، ووجود أزمة واضحة في قابلية التكرار (انظر: go.nature.com/2ca0ej1). تبحث دورية *Nature* ـ في العدد رقم 537 ـ الحقيقة الثانية من هاتين الحقيقتين المزعومتين، عبر سلسلة خاصة من المقالات تقدِّم تحليلًا لقضية عدم المساواة في مجال العلوم.

الجزء الجيد في الأمر هو مواكبة العِلم للتوجهات الحديثة، أما الجزء السيئ، فهو أن التوجهات الحالية يبدو أنها تسير نحو مزيد من عدم المساواة، وفرص أقل للمنتمين إلى الطبقات الأكثر حرمانًا، ومن ثم مجموعة أصغر من الأفراد والمواهب التي يعول عليها البحث العلمي. تتسق القصص بصورة مفزعة في كل مكان، بدءًا من المملكة المتحدة، واليابان، حتى الولايات المتحدة، والهند. وتميل المهن العلمية في دول عديدة إلى الاقتصار على أبناء العائلات المنتمية إلى الطبقات الاجتماعية والاقتصادية الأعلى.

ويرجع ذلك إلى مجموعة من الأسباب المتنوعة، التي تبحث دورية *Nature* عبر صفحات عددها المذكور في العديد منها. المشكلة معقدة، ويبرز أحد الآثار المترتبة عليها تحديدًا بشكل صارخ: فعلى عكس الكثير من القطاعات المجتمعية والاقتصادية الأخرى التي تُهاجَم بشدة ـ على نحو مبرَّر ـ بسبب غياب الحراك الاجتماعي، يعتمد العِلم بصورة أساسية ـ وربما حصرية ـ في بعض المناطق على المال العام. فإذا كان نظام البحث يستنفد مليارات الجنيهات، والدولارات، والينّات من أموال دافعي الضرائب، لمجرد تقديم الدعم والمساندة لفئة اجتماعية تحظى فعليًّا بالتمييز، ليرسِّخ بذلك لهذا التمييز، فإن هذا النظام لا يمكن وصفه بأنه نظام إيجابي يسير نحو تحقيق الرفاهية للبشرية، مهما بلغ نبل أهدافه.

في إحدى مقالات العدد المذكور يطالب الباحث مايك سافيدج الباحثين بحسم خلافاتهم حول تعريفات الطبقة الاجتماعية، إذ إن هناك خلافًا حادًّا بين مَن يتخذون المهنة معيارًا لتصنيف الأفراد، ومَن يصنِّفونهم على أساس مستوى الدخل، والثروة، والثقافة، والعلاقات الاجتماعية. يؤكد سافيدج أن كل منهج له استخداماته، وأن الحدّ من وتيرة الخلافات من شأنه أن يفسح المجال أمام تحليلات أفضل تتناول "مجتمعاتنا الممزقة وغير المتكافئة". وفي مقالة أخرى بقسم التعليقات في العدد المشار إليه، يلفت برانكو ميلانوفيتش الانتباه إلى قيمة إلقاء نظرة بعيدة على الأمور، حيث يطَّلع على البيانات الأرشيفية الخاصة بالأجور والدخول، بدءًا من القرن الثالث عشر، ليؤكد أن عدم المساواة حالة تحدث بشكل دوري، ومن المرجح أن تنتهي قريبًا.

قد يكون مبدأ الإتاحة شيئًا جيدًا، لكنّ الوضع لم يعد مريحًا لمَنْ ضمنوا لأنفسهم مكانًا مُحْكَمًا بالداخل، ينظرون منه نحو الخارج. فعلى مستوى المهن العلمية، تزداد الفجوة اتساعًا بين المكافآت المالية التي تنهال على القِلَّة القابعة في المناصب العليا، والتعويضات الهزيلة نسبيًّا التي يحصل عليها الباقون.

وتشير الدراسة المسحية التي تجريها دورية *Nature* كل عامين لقياس مدى الرضا عن الرواتب، والرضا الوظيفي، والتي شملت هذا العام ما يقرب من 6000 مشارك من جميع المراحل المهنية في جميع أنحاء العالم، أنّ معظم العلماء (حوالي الثلثين) سعداء بوظائفهم، بيد أن هناك نسبة كبيرة تشعر بعدم الرضا.. فالكثيرون ـ لا سيما في أوروبا ـ يشعرون بالإحباط تجاه أوضاع البحث العلمي، والأجور التي يحصلون عليها، ومسألة التنافس على المِنَح. كما أن أقل من نصف المشاركين الأوروبيين قالوا إنهم متحمسون بشأن فُرَص عملهم في المستقبل.

وبرغم ذلك.. أجاب أكثر من 60% من العيِّنة المشارِكة في الدراسة من أنحاء العالم بأنهم سوف يوصون آخرين باتخاذ مِهَن في مجال البحث العلمي. وتتفق معهم في ذلك دورية *Nature*، لكن يبقى السؤال: كيف يمكننا إتاحة البحث العلمي أكثر لكل من يريدون العمل به، وسط أصداء الصراع المتأجج من أجل حصول العالِمات على حقهن في المساواة، وحصول الأقليات العرقية على نسبة تمثيل أكبر في بعض الأماكن، مثل الولايات المتحدة الأمريكية؟ وللإجابة على ذلك، يمكن تطبيق بعض التدابير المستخدَمة لتحقيق المساواة في هذه المجالات؛ لتأسيس انحياز يقوم على أسس اقتصادية. وربما بدأت تدابير في تحقيق أهدافها بالفعل، مثلما حدث في برامج الدمج الاجتماعي في البرازيل. ولذا، يبدو التدخُّل الفعال لتحديد المستبعَدين وتشجيعهم، إلى جانب دعم المؤسسات والجهات الممولة، أمرًا حاسمًا؛ شأنه في ذلك شأن رفع مستوى الوعي لدى مَن يقدمون الأموال من أجل العِلم، ومَن يتحكمون في اختيار الملتحقين بالعمل البحثي، لا سيما أن المنظومة البحثية تضج بعدم المساواة، وقد تزداد سوءًا. وتلك مشكلة.. من البديهي أنها لن يجدي معها التصحيح الذاتي مطلقًا، وبكل صدق. ■

عدم المساواة في مجال العلوم
عدد خاص من دوريـة *Nature*
nature.com/inequality

رؤية كونية

الجدل الدائر حول المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا يصنع التاريخ



يقول **فيفيان موزيس** إن العمل جارٍ على إنشاء أرشيف لكل ما يتعلق بالخلاف الدائر حول التعديل الوراثي في المملكة المتحدة، كما إنّ الإسهامات الجديدة مُرَحَّب بها.

متى تبدأ صناعة التاريخ؟ وهل يمكننا أن نتوقع أيًّا من الأحداث الجارية في زماننا سيجدها مؤرِّخو المستقبل هي الأكثر أهمية؟ وبعد قرن من الآن، هل سيكون هناك قبول عالمي للمحاصيل المعدَّلة وراثيًّا، مع بعض الرفض والخلاف البسيط اللذين صاحبا الفكرة حتى وقتنا هذا؟ أم ستكون حينها قد قَضَت هذه الاعتراضات على تطوير تلك التقنية التي كان يُعتقد في السابق أنها تقنية واعدة؟

في هاتين الحالتين ستكون للأحداث التي جرت على مدار العقدين السابقين أهمية كبيرة. فإمّا سيشير المؤرخون إلى هذه الفترة باعتبارها تمثل ولادة مناهضة المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا، أو أنها تقدم دراسة حالة لإيضاح أنّ هذه المعارضة كانت مؤثِّرة ذات يوم، وأسباب ذلك، وكيف تم التغلب عليها.

ولكي يتسنى لنا تقديم العون لمؤرخي المستقبل هؤلاء، عملتُ أنا وآخرون على إنشاء أرشيف تاريخي بكل ما يتعلق بالجدل الدائر حول المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا والأغذية الناتجة عنها.

أصبح الأمر واضحًا منذ ما يزيد على عشرة أعوام ـ أي في بدايات هذا الجدل ـ حين اتضح أن ظاهرة مثيرة للاهتمام تكَشَّفَت للعيان. وأثارت مجموعة جديدة من التقنيات العلمية ردود أفعال واسعة الانتشار، الكثير منها منفر لأسباب متعددة (بما في ذلك المخاطر الصحية)، وأصبحت بدورها محور جدل ونقاش محتدمين.

معظم المجتمعات العلمية وكافة الوكالات الرسمية المسؤولة دوليًّا عن سلامة الغذاء والبيئة صدقت على الأساس العلمي الذي يقوم عليه تدشين هذه التقنية، الذي تَحَدَّدت بناءً عليه سلامة المنتجات المعدَّلة وراثيًّا. وبالنسبة إلى معظم العلماء، بدا جليًّا أن المعارضة لم تقم في الأساس على صلاحية الاكتشافات العلمية، على الرغم من زعم كثير من المعارضين ذلك. ومن ثم، فمعظم العلماء رفضوا مثل هذا الجدل المناهِض، ورأوا أن ما يحفزه هو المصالح السياسية والتجارية وغيرها، التي لا تتعدى قيمةُ الصلاحية العلمية بالنسبة لها المرتبةَ الثانوية.

ولم يكن ذلك هو رد الفعل الشعبي العنيف الأول تجاه تقنيات حديثة. فعلى الرغم من أن الابتكار غالبًا ما يُقابَل بلهفة من الناس ـ مثلما حدث مع جهازي "ووكمان سوني" Sony Walkman، و"آي فون" iPhone ـ إلّا أنه يسبب مشكلات في بعض الأحيان. فبعد أعمال الشغب التي حدثت في لندن في القرن التاسع عشر، المناهِضة لتلقيح الأطفال إجباريًّا بلقاح الجدري (حيث شعر العديد من أولياء الأمور في ذلك الوقت ـ مثلما يحدث الآن ـ أنه ينبغي أن يكون لهم الخيار)، ظهرت اعتراضات في أوكلاهوما على توصيلات التلغراف الكهربائي بينها وبين نيو أورليانز، خشية أن تأتي بأنباء سيئة، وتشجع على المقامرة. ولطالما كانت هناك اعتراضات ـ وما زالت ـ على بسترة اللبن، ومحطات إرسال الهواتف النقالة، فضلًا عن الاعتراضات على الطاقة النووية.

بدأ العمل على إعداد أرشيف الجدل الدائر حول التعديل الوراثي في عام 2008، عندما أصبح واضحًا أن ظاهرة المحاصيل والغذاء المعدَّلين وراثيًّا ستكون طريقة مفيدة لدراسة ردود الفعل المجتمعية تجاه التقنيات الحديثة.

وأيًّا كانت النتيجة النهائية لهذا الجدل، فقد أدركنا أن هناك العديد من الدروس التي يمكن تعلُّمها حول كيفية عرض التقنيات الجديدة، وكيفية عدم عرضها، وما إذا كان مِن الحكمة فِعْل ذلك، أم لا. وبالرغم من أن التعديل الوراثي سيمثل موضوعًا مهمًّا للدراسة في المستقبل والحاضر، إلا أنه من الممكن فقدان الكثير، ما لم نحتفظ بالسجلات والمطبوعات بأنواعها بشكل آمِن.

ولأننا لن نعرف مقدمًا الأوجه التي ستهم علماء المستقبل في المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا، فمن الأفضل أن نحتفظ بأكبر قدر ممكن من المادة. وعلى الرغم من أنه عادةً ما يتم إنشاء الأرشيف على أساس ما مضى من أحداث، مع جذب الموضوعات التاريخية للاهتمام، إلا أننا نعمل على الأمر على أساس ما يُتوقع في المستقبل، مرتكزين على إدراكنا من البداية أنّ لدينا ظاهرة ملائمة ومثيرة تستحق التسجيل. ولا شك أن تقدير القيمة المستقبلية للأرشيف الآن خطوة جريئة، لكننا تنبّأنا بالفعل أنه من دونه سيأتي يوم يأسف فيه العلماء على عدم وجوده.

وقد بدأنا مشروعًا مع متحف العلوم في لندن، بالتعاون مع المكتبة البريطانية، بهدف إيجاد الأوراق، والأفلام، والشرائط، والأقراص، والمواقع الإلكترونية، والمعدات، وغيرها من الأشياء الجديرة بالاهتمام، وحفظها (بيد أنه لا توجد لدينا الإمكانات اللازمة لتخزين المواد البيولوجية).

وقد كانت هناك حاجة إلى الحصول على الكثير من المادة الضعيفة التي يَحتفِظ بها بعض الأفراد، قبل أن يتم التخلص منها، لكن بحلول عام 2008، كان الأوان قد فات؛ فخزّانات الملفات تُنظف بشكل دوري، بيد أن كثيرًا من المادة المثيرة للاهتمام كان لا يزال في حوزة العلماء وغيرهم من الأكاديميين، والمصانع، والمهتمين بالزراعة، والحكومات، والقائمين على الحملات، والإعلاميين، وغيرهم.

> "أثارت مجموعة جديدة من **التقنيات العلمية** ردود أفعال واسعة الانتشار، الكثير منها **منفِّر**".

كان مخططنا إنشاء أرشيف عالمي، لكن بعد أن تحدثنا مع زملائنا في الولايات المتحدة وغيرها؛ تبين لنا سريعًا أن طموحنا مُبالَغ فيه؛ فضلًا عن أن مسؤولية متحف العلوم هي جَمْع المادة في الأساس من مصادر بريطانية، ولذا، يركِّز الأرشيف على الجدل القوي الدائر في بريطانيا، المحاط بكمية هائلة من المادة. كما يحتوي الأرشيف على سجلات مهمة، بما فيها مراسلات من الباحثين، والقائمين على الحملات، وشركات العلاقات العامة التي تستخدمها شركات التكنولوجيا الحيوية لدحض حُجَّة المعارضين.

كان من المهم تجهيز المساحة والمَرافق اللازمة، قبل إتاحة الأرشيف للعامة، وها هو أصبح أخيرًا متاحًا للاستخدام، وهو موجود في مقر متحف العلوم في روتون بالقرب من سويندون (انظر: go.nature.com/2btqdk1). يشمل الأرشيف عشرات الصناديق المحتوية على ملفات، تغطي 23 مترًا من مساحة الرفوف، وهو يحوي مراسلات تتعلق بالنشر المثير للجدل للأبحاث التي زعمت أنها تُظْهِر الآثار الصحية المرتبطة بالبطاطس المعدَّلة وراثيًّا. ولحين الحصول على التمويل اللازم لإعداد فهرس كامل، هناك قائمة كبرى بالمحتويات، متوفرة من خلال: go.nature.com/2cjptjq. وللبحث فيها، اختر أن تبحث في "Science Museum, London"؛ وأدخل كلمة "genetic" في مربع البحث؛ ثم اختر التصنيف حسب العنوان "Sort by: Title"، واضغط على "Search".

وما زلنا نسعى لجمع مزيد من المواد ذات الصلة، ونرجو من زملائنا بالمملكة المتحدة تقديم المزيد من الإسهامات لمجموعة "روتون"، كما نرجو أن يلهم هذا العمل آخرين حول العالم لإنشاء أرشيفات للتعديل الوراثي في بلادهم. لا شك أننا نعيش في زمن مثير، ويجدر بنا أن نحفظ الأحداث الجارية فيه. ■

فيفيان موزيس أستاذ زائر في مجال تدريس التكنولوجيا الحيوية في كلية كينجز لندن.
البريد الإلكتروني: v.moses@qmul.ac.uk

نظرة شخصية على الأحداث


DANIEL MENDEZ

لن تُوقِف مخاوفُ وهميَّة أبحاثَ الكائنات الهجينة

يقول **إنسو هيون** إنّ لدى الأجنة "البشرية الحيوانية" فرصًا كبيرة في مجال الطب الحيوي، ولكنْ على العلماء طمأنة الجمهور بشأنها، إذا استعادوا التمويل اللازم لإجراء أبحاثها.

بعد مرور ما يزيد على عشر سنوات من الجدل، ها هي الولايات المتحدة تحت على الموافقة على إجراء أبحاث على الأَجِنَّة "البشرية الحيوانية". فقد اختتمت معاهد الصحة الوطنية الأمريكية ـ في الأسبوع الأول من سبتمبر الماضي ـ مشاورات عامة استمرت لمدة شهر حول "أبحاث الكائنات الهجينة"، ويُتوقع ـ بنسبة كبيرة ـ رفع الحظر الذي يمنع وصول التمويل الفيدرالي إلى مثل هذه الأبحاث. يُعَدّ الهجين البشري الحيواني ـ في الأساس ـ حيوان تجارب يحتوي على خلايا بشرية مزروعة فيه. ولطالما استُخدِمَت مثل هذه الحيوانات المختلطة باعتبارها نوعًا من الأنظمة التجريبية المهمة في الدراسات الطبية الحيوية، بما في ذلك أبحاث السرطان والإيدز، ولكنْ يرى البعض أن في إضافة خلايا جذعية بشرية للأجنة الحيوانية تجاوزًا للخط الأحمر، وهذا هو السبب وراء فَرْض معاهد الصحة الوطنية الأمريكية للحظر في عام 2015، ولكنها مَوَّلَت قبل ذلك دراسات تهجين الأجنة، ما دامت لا تستخدم "كيسة أريمية" blastocysts رئيسة.

لا شك أن لأبحاث تهجين الأجنة دورًا حيويًّا في علم الخلايا الجذعية الأساسي والمتعدي، ولذلك.. فإن إعادة معاهد الصحة الوطنية للتمويل الذي كانت تمنحه سيكون أمرًا مشجعًا. ويمكن لنقل الخلايا الجذعية البشرية إلى الحيوان المضيف أن يطوِّر فَهْمنا للنمو والمرض البشريين، ويمكنه فيما بعد أن يؤدي بنا إلى تخليق أعضاء بشرية قابلة للزراعة في حيوانات مخصصة لذلك.

بيد أن تَوَفُّر التمويل الفيدرالي لا يضمن استمرار الأبحاث، فهناك عدة ولايات ـ منها ولاية أوهايو ـ وضعت قوانين مشددة تحظر مثل هذه الأبحاث، كما يمكن لِلِجَان المراجعة الأخلاقية الخاصة بالخلايا الجذعية أن تعرقل المشروعات، ويمكن أيضًا للرأي العام المناهِض لهذه الأبحاث أن يضع التمويل الفيدرالي في المستقبل على المحكّ مرة أخرى. وبالفعل، هناك بوادر تشير إلى أن المشورات التي أَجْرتها معاهد الصحة الوطنية تسببت في تجدُّد الاعتراضات على هذه النوعية من الأبحاث.

لذلك، من المهم أن يشرح العلماء وجهة نظرهم حول أبحاث الكائنات الهجينة، ويدافعوا عنها، كما أن عليهم فَهم الأسباب التي تدعو معارضيها إلى الرغبة في وقفها. لا يتساءل المنتقدون تحديدًا في الدراسات التي قد تؤدي إلى تخليق كائن يحتوي على تعديلات بشرية خلوية ووظيفية في الجهاز العصبي المركزي، إذ يرون أن نقل خلايا بشرية إلى أجنّة حيوانية، أو إلى الأجهزة العصبية المركزية الخاصة بالحيوانات المضيفة، يؤدي إلى ترقية الهجين؛ ليجعل منه كائنًا يقترب من الوضع الافتراضي البشري، أو يعادله، لكن الخلط بين "الأنسنة" البيولوجية للحيوانات الهجينة، وبين "الأنسنة" الأدبية لها ليس سوى وَهْم، فالوضع الأدبي للإنسان لا يتأتى تلقائيًّا من التكوين الجيني له، أو التنظيم الجسدي لخلاياه، بل تعززه مجموعة معقدة من الخصائص العقلية، التي لا تتحقق بصورة كاملة، إلّا في إطار ما أشار إليه الفيلسوف السويسري جان جاك روسو بـ"الحاضنة الاجتماعية" bosom of society.

يصرف القلقُ حيال "الأنسنة" المعنوية الانتباه عن أكثر ما يهم في النزاع حول التهجين، فالتمييز الأخلاقي المحوري ليس مجرد تمييز فلسفي قديم بين الإنسان والحيوان، ولكنه يكمن في معرفة الطرق الصحيحة والخاطئة في التعامل مع الكائنات الحساسة، بما يتناسب مع مستوى التعقيد الذي يميز خصائصها. ولقد اقترحت معاهد الصحة الوطنية أن تعمل لَجْنتها التوجيهية الداخلية على تقييم مقترحات أبحاث التهجين، من خلال التركيز على اعتبارات معينة، مثل خصائص الحيوان المضيف، والتغيرات الجسدية والسلوكية المرجَّح أن تطرأ عليه بسبب نقل الخلايا البشرية له، والأبحاث التالية المرصودة؛ لتحديد الآثار المترتبة على عملية التهجين.

ويتماشى هذا النهج التنظيمي مع التوجيهات المهنية الجديدة لأبحاث الخلايا الجذعية، التي وضعتها الجمعية الدولية لأبحاث الخلايا الجذعية، حيث ترتكز معاييرها الحالية الخاصة بأبحاث الكائنات الهجينة على تقرير استشاري وَضَعْته بنفسي مع مجموعة من أعضاء لجنة الأخلاقيات بالجمعية. ولقد حَثَثْنا المنظِّمين على الاستناد إلى مبادئ تراعي مصلحة الحيوان فيما يتعلق بالخلايا الجذعية، وعلى تجنُّب "سياسة استثناء الخلايا الجذعية" غير المضمونة، التي قد تتسبب في إثقال كاهل الأبحاث بالمخاوف الضبابية حيال إمكانية ظهور خصائص بشرية "ذات أهمية أدبية" في الكائنات الهجينة. ومن ثم، فعلى معاهد الصحة الوطنية الأمريكية وغيرها من مؤسسات صناعة القرار تلبية هذه الدعوة.

مِن شأن إرساء أخلاقيات التهجين البشري الحيواني وتنظيم أبحاثه ـ بما يتعارض مع رعاية الحيوان ـ أن يجلب أزمات عملية وفلسفية، فعلى سبيل المثال، إحدى الحجج التي تُستخدم لرفض نقل الخلايا الجذعية البشرية إلى الأجنة الحيوانية في وقت مبكر هي أن هذه النوعية من الأبحاث لا تخضع لرقابة لجان أبحاث الحيوان، حيث تكون التجارب ما تزال محصورة في أنابيب الاختبار.

> "الوضع الأدبي للإنسان لا يتأتى **تلقائيًّا** من التكوين الجيني له، أو **التنظيم الجسدي** لخلاياه".

إنّ التحدي الذي يواجه هؤلاء المنتقدين هنا هو تفسير لماذا تستحق الأجنة الحيوانية التي تحتوي على خلايا بشرية مراعاة جادّة لوضعها من الناحية الأدبية، لدرجة تعرِّض هذه النوعية من التجارب للخطر، بينما يمكن استخدام الأجنة البشرية العادية في مشروعات أخرى. يحكم القانون الأمريكي لرعاية الحيوان ـ بحزم ـ دراسات التهجين التي تَستخدِم حيوانات حساسة، وهو القانون الفيدرالي الأول الذي يحكم استخدام الحيوانات في الأبحاث، والذي مر على صدوره خمسون عامًا، وتشاركه في ذلك مجموعة أخرى من السياسات البحثية المحلية والدولية.

وبفضل هذه القيود، تظل مبادئ رعاية الحيوان هي المحور التنظيمي الذي يَسري على كافة الأنواع المسموح باستخدامها استخدامًا علميًّا. فبما أن نقل الخلايا الجذعية البشرية قد تكون له آثار غير متوقعة على قدرة الحيوان الهجين على الاحتمال، فمن الضروري أن يعمل أطباء بيطريون وباحثون أكفاء على مراقبة التجارب؛ لرصد أي انحراف قد يطرأ على السلوكيات العادية والوظائف المعتادة للأنواع التي تخضع للتجربة، واستخدام معايير واضحة للتدخل البشري بالقتل الرحيم.

يحقِّق النهج الذي وضعَتْه معاهد الصحة الوطنية الأمريكية ذلك بالفعل، ويمكنه أن يوفر معلومات مفيدة حول الآثار النمائية الممكنة للخلايا الجذعية البشرية على الأنظمة الحيوانية، مما يدعم بدوره أنشطة الإشراف المستقبلية. وقد نجح مثل هذا التنظيم في مراقبة نماذج لحيوانات متحولة وراثيًّا، وأخرى معطلة وراثيًّا، ومن ثم يمكنه أن ينجح أيضًا مع أبحاث التهجين بالخلايا الجذعية. ■

إنسو هيون أستاذ مشارك في تدريس أخلاقيات علم الأحياء بكلية الطب في جامعة كيس ويسترن ريزيرف في كليفلاند بولاية أوهايو، وهو مؤلف كتاب "أخلاقيات علم الأحياء، ومستقبل أبحاث الخلايا الجذعية" *Bioethics and the Future of Stem Cell Research*.
البريد الإلكتروني: insoo.hyun@case.edu

أضـواء على الأبحـاث

مقتطفات من الأدبيات العلميـة

الخلايا الجذعية

خلايا عظام تحت الطلب

تَوَصَّل باحثون إلى وصفة بسيطة لإنتاج عظام من الخلايا الجذعية.. فالخلايا الجذعية الجنينية تستطيع أن تشكِّل أي نوع من أنواع الأنسجة في الجسم، لكن وسائل إجبارها هي وغيرها من الخلايا الجذعية متعددة القدرات على التمايز إلى نوع معين قد تكون غير فعالة، ومكلفة. فقد قام فريق بحثي بقيادة شايني فارجيسي ـ من جامعة كاليفورنيا في سان دييجو ـ بإضافة مادة كيميائية توجد بشكل طبيعي في الجسم ـ تُسمى الأدينوزين ـ إلى مزارع من الخلايا الجذعية البشرية. وأنتجوا خلايا بناء العظم "osteoblasts"، وذلك في أقل من ثلاثة أسابيع. أنتجت خلايا بناء العظم المستزرَعة تلك عظامًا متكلسة، وقامت السقالات ـ التي أحيطت بخلايا بناء العظم تلك، وزُرعت في الفئران ـ بإصلاح عيوب في الجمجمة.

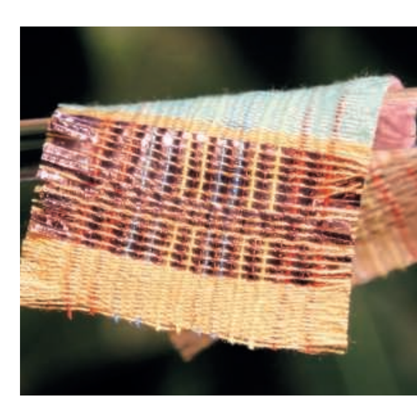
***Sci*. *Adv*. 2, e1600691 (2016)**

هندسة

نسيج يحصد شكلين من أشكال الطاقة

يمكن لنسيج خفيف الوزن أن يحصد كلًّا من الطاقة الشمسية والميكانيكية؛ لتشغيل الأجهزة الإلكترونية.

فقد قام زونج لين وانج ـ من معهد جورجيا للتكنولوجيا في أطلنطا ـ وزينج فان ـ من جامعة تشونجتشينج في الصين ـ وزملاؤهما بنسج نوع



من النسيج (**في الصورة**) باستخدام ألياف من الصوف، ونوعين من أسلاك البوليمر: أحدهما كهروضوئي، والآخر يقوم بتجميع الطاقة الميكانيكية. قام النسيج المرن ـ الذي يبلغ سُمكه 320 ميكرومترًا ـ بتحويل الطاقة الآتية من أشعة الشمس ومن الحركة، منتجًا كمية من الكهرباء تكفي لشحن هاتف محمول، أو تشغيل ساعة يد.

وبالإضافة إلى استغلال الطاقة الشمسية، يمكن لمثل هذا الجهاز حَصْد الطاقة من حركة المشي، أو من هبوب الرياح، أو من سيارة متحركة.

***Nature Energy* http://dx.doi.org/10.1038/nenergy.2016.138 (2016)**

علم البيئة الخاص بالأمراض

تطوُّر سريع لمقاومة السرطان

طوّر حيوان شيطان تسمانيا درجة من المقاومة الجينية لنوع من سرطانات الوجه المعدية الفتاكة على مدار 4 إلى 6 أجيال فقط.

فقد قام أندرو ستورفر ـ بجامعة ولاية واشنطن في بولمان ـ وزملاؤه بوضع تسلسل نحو سدس الجينوم لعدد 294 من حيوانات شيطان تسمانيا (*Sarcophilus harrisii*)، منتمين إلى ثلاث عشائر برية. استخدم الباحثون عيِّنات جُمعت قبل أن تواجه العشائر سرطان الوجه لأول مرة، وبعدها.

وجد الفريق خمسة جينات منتشرة في منطقتين من الجينوم أظهرتا مؤشرات قوية على حدوث انتقاء عبر العشائر المختلفة من هذا الحيوان، بما في ذلك عدد كبير من التغييرات التي تتبدل فيها قاعدة حمض نووي واحدة. ومن المعروف أن الجينين *CD146*، و*THY1* يساعدان الجهاز المناعي في التعرف على الخلايا الغريبة في حيوانات أخرى.

***Nature Commun*. 7, 12684 (2016)**

MENNA JONES

علم الأرصاد الجوية

جسيمات في الهواء تعزِّز الظواهر المناخية

مع احترار المناخ، قد تلعب الجسيمات الصغيرة العالقة في الغلاف الجوي دورًا أكبر من الغازات الدفيئة في زيادة وتيرة هطْل الأمطار الغزيرة، وتساقط الثلوج بشدة.

تؤدي الغازات الدفيئة والرذاذ الجوي إلى ظواهر الهطْل المتطرفة، التي من المتوقع أن تزداد مع تغيّر المناخ. ولفصل هذه التأثيرات المناخية عن بعضها، استخدم زيلي وانج ـ من الأكاديمية الصينية لعلوم الأرصاد الجوية في بكين ـ وزملاؤه نموذج مناخ عالمي؛ لمحاكاة سيناريوهات ذات مستويات مختلفة من انبعاثات غازات الدفيئة.

تنبَّأ الباحثون بأنه بحلول نهاية القرن ستبلغ أهمية الرذاذ الجوي ضعفين إلى أربعة أضعاف أهمية غازات الدفيئة في إطار زيادة ظواهر السقوط المتطرف للأمطار حول العالم. هذا.. ومن شأن الحدّ من انبعاثات الرذاذ الجوي أن يساعد الناس في العمل على تعديل آثار تغيُّر المناخ في المستقبل.

***Geophys*. *Res*. *Lett*. http://doi.org/bqdf (2016)**

J. CHEN ET AL./NATURE ENERGY

تكوين النجوم

عناقيد مَجَرّيّة مبكرة غنية بالنجوم

أنتجت العناقيد المَجَرّيّة في بدايات الكون نجومًا أكثر من نظرائها الأكثر حداثة. فعندما تصبح المجرّة جزءًا من عنقود ـ وهي مجموعة من المجرّات، تربطها الجاذبية ببعضها البعض ـ تتسبب المناطق المزدحمة المحيطة بها غالبًا في وقف إنتاجها للنجوم، وهو تأثير يُسمى بالإخماد البيئي. وباستخدام مرصد كيك في هاواي، والتليسكوب الكبير جدًّا في شيلي، لاحظ فريق بحثي بقيادة جولي نانتايس ـ من جامعة أندريس بيلو في سانتياجو ـ أربعة عناقيد مَجَرِّيّة، يبلغ عمرها حوالي 10 مليارات سنة. ووجدوا أنه في هذه العناقيد المبكرة توقَّف عن إنتاج النجوم حوالي 30% أكثر من المجرّات عما حدث في المجرّات المحيطة، مقارنة بفارق بلغ حوالي 50% في العناقيد الأحدث.

إنّ معرفة كيف يتغير الإخماد على مدى تاريخ الكون قد تساعد العلماء على تحديد السبب وراء دفع بيئة العناقيد لحدوث هذه الظاهرة.

***Astron. Astrophys.* 592, A161 (2016)**

تطور

تفاوُت أنواع الكائنات

بلغ معدل تنوّع النباتات ضعف معدّل الحيوانات تقريبًا، واكتسبت الحيوانات والنباتات أنواعًا جديدة أسرع بعشر مرات تقريبًا من بدائيات النوى، مثل البكتيريا.

وعَبْر شجرة الحياة، يظهر أن هناك مجموعات من الكائنات تحتوي على أنواع أكثر بكثير من غيرها. ولمعرفة السبب، قام جوشوا شول وجون وينز ـ من جامعة أريزونا في توكسون ـ بمقارنة البيانات المنشورة عن عدد الأنواع، والعلاقات الخاصة بتطور السلالات في كل مجموعة من الكائنات الحية. وخلافًا لبعض الفرضيات، لم تحتوِ المجموعات الأقدم على أنواع أكثر من المجموعات الأحدث. وبدلًا من ذلك، وجد الباحثون أن التوازن بين نشوء الأنواع والانقراض ـ المعروف بمعدل التنوّع ـ حَسَمَ ـ مع مرور الوقت ـ معظم الاختلافات في أعداد الأنواع بين المجموعات.

يقول الباحثون إن الاختلافات البيئية والتطورية بين ممالك المخلوقات الحية قد تفسر الاختلافات في معدلات التنوع.

***Proc. R. Soc. B* 283, 20161334 (2016)**

علم الأحياء الدقيقة

جسيمات نانوية تقتل البكتيريا المقاومة

بوليمر اصطناعي يعالج الفئران من الالتهابات التي تسبِّبها بكتيريا مقاوِمة لأدوية متعددة.

من الصعب قَتْل البكتيريا سالبة الجرام تحديدًا بمجرد أن تصبح مقاوِمة للأدوية. ولاستهدافها، قام إريك رينولدز وجريج تشياو وزملاؤهما ـ بجامعة ملبورن في أستراليا ـ بتصميم جسيمات نانوية مضادة للميكروبات لها شكل النجمة، مصنوعة من أحماض أمينية. قتلت هذه الجزيئات عدة مُمْرِضات سالبة الجرام شائعة في المزارع، وعالجت الفئران من العدوى التي تسبِّبها *Acinetobacter baumannii*، المقاوِمة لعديد من المضادات الحيوية. وعندما استُزرعت البكتيريا في تركيزات دون المميتة من الجسيمات النانوية لمدة 24 يومًا؛ لم تُطوِّر *A. baumannii* المقاوَمةَ للأدوية على مدار أكثر من 600 جيل.

يقول الباحثون إن الجسيمات النانوية أصابت أهدافًا متعددة، حيث أربكت الغشاء الخارجي للبكتيريا وعملية تبادل الأيونات، وحفّزت مسارات موت الخلايا؛ ومن المرجح أن تكون أكثر استقرارًا وأقل سُمِّيَّة عن معظم مضادات الميكروبات قيد التطوير.

***Nature Microbiol.* 1, 16162 (2016)**

علم الفلك

تَصادُم المجرّات ينتج الأمواج بشكل سريع

عندما تصطدم مجرّات توجد في مراكزها ثقوب سوداء فائقة الحجم، من الممكن أن تنتِج انفجارًا من موجات الجاذبية في غضون 10 ملايين سنة فقط.

لقد اكتُشفت موجات الجاذبية (gravitational waves) لأول مرة في وقت سابق من هذا العام، مما أثار اهتمامًا كبيرًا لمعرفة المزيد عنها. وتوقَّع بعض العلماء أن إنتاج الموجات يحدث على فترات زمنية تمتد على مدار مليار سنة أو أكثر، مما يعني أن عمليات البحث المستقبلية قد تكتشف عددًا قليلًا نسبيًّا من الموجات. وقام فضيل محمود خان ـ من معهد تكنولوجيا الفضاء في إسلام أباد ـ وزملاؤه بمحاكاة اصطدام مَجَرِّي، وتنبأوا بوجود موجات أكثر بكثير يمكن اكتشافها.

ويُعَدّ ذلك كشْفًا واعدًا بالنسبة إلى المشروعات التي تهدف إلى البحث عن موجات الجاذبية، مثل المشروع المقترَح من قِبَل وكالة الفضاء الأوروبية باستخدام هوائي قياس التداخل الليزري الفضائي المطور.

***Astrophys. J.* 828, 73 (2016)**



MATTHEW M. SCHOENFELDER/GETTY

تغير المناخ

مسارات أسرع لمرور السفن

بحلول نهاية القرن الحالي، وبفضل ذوبان جليد البحر الشمالي، قد تصبح السفن ذات الدعم المعتدل لمقاومة الجليد (الأخف مما هو مطلوب في الوقت الراهن، **في الصورة**) قادرة على أن تبحر عبر المياه الشمالية على مدار السنة.

فقد قام ناثانيل ميليا وزملاؤه ـ بجامعة ريدينج في المملكة المتحدة ـ باستخدام عدة نماذج مناخية عالمية؛ لمحاكاة المسارات الأسرع لمرور السفن عبر القطب الشمالي، اعتمادًا على انبعاثات غازات الدفيئة في المستقبل. وفي السيناريو الأكثر تطرفًا الذي أتوا به، سوف يصبح المسار من يوكوهاما في اليابان إلى روتردام في هولندا بحلول عام 2100 أقصر بمقدار 13 يومًا عن الطرق البديلة.

وقد نشهد كذلك فترة، يتضاعف خلالها عدد السفن العادية المبحِرة في مياه القطب الشمالي بحلول منتصف القرن.

***Geophys. Res. Lett.* http://doi.org/bp5x (2016)**

العدوى

دواء الفيروس.. ودواء البكتيريا

إنّ تغذية الفئران تساعدها على مكافحة العدوى الفيروسية، في حين أن تجويعها هو الاستراتيجية الأفضل لمحاربة العدوى البكتيرية؛ مما يدعم المثل القائل "الطعام دواء البرد، والجوع دواء الحمى".

فقد دَرَس روسلان ميدزيتوف وزملاؤه ـ بكلية الطب في جامعة ييل في نيو هيفن في كونيتيكت ـ آثار التغذية على فئران تمت إصابتها إمّا ببكتيريا *Listeria monocytogenes*، أو بأحد فيروسات الإنفلونزا. بقيت الفئران المصابة بالبكتيريا ـ التي حُرِمت من الطعام ـ على قيد الحياة، بينما نَفَقَت الحيوانات التي تغذّت جيدًا. وعلى النقيض من ذلك، ماتت تقريبًا كل الفئران المصابة بالإنفلونزا عندما تم تجويعها، لكنّ غالبيتها نجت حين أُطعمت. ويعود ذلك إلى أنه أثناء الالتهاب البكتيري، قام الجلوكوز الآتي من الغذاء بتثبيط عملية أيضية تحمي أنسجة المخ من التهتك، بينما قام السكر بحماية المخ في حالات الالتهاب الفيروسي.

وتشير النتائج إلى أن أنواعًا مختلفة من الاستجابات الالتهابية تتّبع برامج أيضية مختلفة خاصة بكل منها.

***Cell* 166, 1512–1525 (2016)**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فيزياء الجسيمات

جُسَيْمَا ميزون يشكِّلان ذَرَّة غريبة

اكتشف العلماء ذَرَّة غريبة، تكوَّنت من نوعين معينين من جسيمات ميزون، يتألفان فقط من كوارك وكوارك مضاد؛ بدلًا من الكواركات الثلاثة الموجودة في عناصر المادة العادية.

الميزونات جسيمات غير مستقرة، تنتج أثناء الاصطدامات عالية الطاقة، ويمكن استخدامها لاختبار النظرية الكمية الخاصة بالقوة الشديدة التي تربط الكواركات ببعضها البعض. ولإنتاج ذرات ثنائية الميزون، قام فيزيائيون يعملون في تجربة "ديراك" DIRAC في مختبَر "سيرن" ـ المختبَر الأوروبي لفيزياء الجسيمات، الواقع بالقرب من جنيف ـ بإطلاق شعاع من البروتونات في اتجاه صفائح رقيقة من البلاتين، أوالنيكل. رَصَدَ الفريق ما يقرب من 350 ذَرَّة تتكون من ميزون من نوع π، وآخر من نوع K، وهو أول رصد ذو دلالة إحصائية لذَرَّة غريبة كهذه.

Phys. Rev. Lett. **117, 112001 (2016)**

علم الأعصاب

النمل يدمِن المورفين

يدمِن النملُ المورفين مثلما يفعل البشر، ويُبْدِي تغيُّرات مماثلة في السلوك، وفي كيمياء المخ.

وحتى الآن، ظلّت الثدييات هي الكائنات الوحيدة التي يتضح أنها تسعى للبحث عن العقاقير المسبِّبة للإدمان في ظل غياب مكافأة طبيعية مصاحبة، مثل السكر. وقد قام براين إنتلر، وتيموثي كانون، ومارك سيد ـ من جامعة سكرانتون في بنسلفانيا ـ بتقديم ماء مُسَكَّر، مضاف إليه المخدِّر لمجموعة من النمل من نوع *Camponotus floridanus* (**في الصورة**).



وعلى مدار عدة أيام، قاموا بخَفْض تركيز السكر، حتى وصل إلى الصفر، مع زيادة تركيز المورفين. خَيَّر الباحثون النمل بعد ذلك بين ماء مُسَكَّر، ومحلول مورفين خال من السكر؛ فوجدوا أن نسبة قدرها 65% من النمل المعرَّض للمورفين آثرت تناول المخدر، أي ما يقترب من ضِعْف المعدَّل الملحوظ في الحيوانات غير المعرَّضة للمورفين. وأظهرت أدمغة النمل المدرَّب على تعاطي المورفين أيضًا مستويات مرتفعة من الدوبامين، وهو ناقل عصبي يرتبط بالمكافأة.

يرى الباحثون أنه يمكن استخدام النمل كنموذج لدراسة الإدمان في البشر.

J. Exp. Biol. **219, 2865–2869 (2016)**

ASAHI SHIMBUN/GETTY

علم الجليد

قِلَّة تقدير معدَّل فقدان جليد جرينلاند

ربما تتقلص الأنهار الجليدية في جرينلاند؛ استجابة لاحترار المناخ بدرجة أكبر مما كان يَعتقِد العلماء. فقد قام شفقات خان ـ من الجامعة التقنية في الدنمارك في لينجبي ـ وزملاؤه باستخدام بيانات شبكة من محطات النظام العالمي لتحديد المواقع عبر جرينلاند (في الصورة)؛ لقياس ارتفاع الأرض، الناجم عن فقدان الجليد، وقَدَّروا التغيرات التي حدثت منذ العصر الجليدي الأخير. تَجاوَز الارتفاع المرصود ـ الذي فاق 12 ملِّيمترًا في السنة في بعض المناطق ـ المعدلات المستمَدَّة من النموذج بعدة ملِّيمترات في المتوسط. وخلص الباحثون إلى أن قياسات الأقمار الصناعية السابقة لم تقدِّر بدقة مدى استجابة الأرض الصلبة لتغيرات أحمال الجليد، وبالتالي قَلَّلَت من تقدير مدى فقدان الكتلة الجليدية في الوقت الحالي بحوالي 17 مليار طن سنويًّا.

وتشير البيانات الجديدة إلى أن فقدان الجليد من منطقة جرينلاند تَسَبَّب في ارتفاع مستوى سطح البحر بحوالي 4.6 متر منذ العصر الجليدي الأخير، وذلك بمعدَّل أزيد بنسبة 44% عن التقديرات السابقة.

Sci. Adv. **2, 1600931 (2016)**

الهندسة الحيوية

الخميرة تنتج وقودًا يشبه الديزل

صُمِّم نوع من الخميرة؛ لإنتاج زيوت لها أهمية صناعية، ومنها بعض الزيوت المماثلة للديزل، حيث قام جريجوري ستيفانوبولوس وزملاؤه ـ من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج ـ بتغيير مسارات أيضية أساسية، وعدّلوا هياكل بعض الإنزيمات في خميرة *Yarrowialipolytica*، والتعبير عنها؛ مما أتاح للكائن تحويل مركبات الكربون ذات القيمة المنخفضة إلى جزيئات دهنية مماثلة لوقود النقل، وغيره من المواد الكيميائية التي تُستخدم في الصناعات المختلفة.

ووفقًا لما أورده الباحثون، جرى إنتاج بعض أنواع الوقود المشابهة للديزل بتركيزات أعلى مما حققته مناهج أخرى مماثلة، وهي خطوة على طريق استخدام "مصافي" الخميرة في تطبيقات صناعية فعّالة من حيث التكلفة.

Proc. Natl Acad. Sci. USA **http://doi.org/bqn8 (2016)**

ALEX WILD

الفيزياء الكمية

الانتقال الآنيّ داخل المدن

استعرض فريقان بحثيان تقنية للانتقال الآنِيّ الكَمِّي عبر المدن ـ أي تبادل الحالات الكمية عن بُعْد ـ باستخدام وصلات ألياف ضوئية عادية.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

في الانتقال الآنِيّ الكَمِّي، يتم إنتاج أزواج من الجسيمات ـ عادةً فوتونات ـ تشترك في الحالة الكمية نفسها. ويتم إرسال كل جسيم إلى موقع مختلف، ويؤثر التلاعب بأحدهما على خصائص الجسيم الآخر القابلة للقياس، مما يتيح نقل المعلومات. وقد قام الفريقان ـ أحدهما بقيادة جيان وِي بان من جامعة العلوم والتكنولوجيا في الصين في شنجهاي، والآخر بقيادة وولفجانج تيتل من جامعة كالجاري في كندا ـ باستعراض نقل البيانات بين أجهزة تفصلها عن بعضها بضعة كيلومترات في هيفي بالصين، وفي كالجاري، على الترتيب. وعلى الرغم من تحقيق مثل هذا الإنجاز من قَبْل باستخدام فوتونات الضوء المرئي، فقد استخدم العمل الحالي فوتونات الأشعة تحت الحمراء، التي تتوافق مع شبكات الاتصالات القائمة حاليًّا.

هذا، وربما يؤدي الانتقال الآني إلى تمكين أجهزة الحاسوب الكمية المستقبلية من تبادل البيانات.

***Nature Photon*. http://dx.doi.org/10.1038/nphoton.2016.179;http://dx.doi.org/10.1038/nphoton.2016.180 (2016)**

الخلايا الجذعية

استهداف آلام إصابة النخاع الشوكي

قد تحدّ الخلايا العصبية المشتقة من الخلايا الجذعية الجنينية البشرية من آلام إصابات النخاع الشوكي في الفئران، وغيرها من الآثار التي تسببها تلك الإصابات.

إن إصابة النخاع الشوكي غالبًا ما يتبعها ألم مستمر في الأعصاب، وفقدان للسيطرة على المثانة، وقد يرتبط ذلك بانخفاض عملية إرسال الإشارات عن طريق الناقل العصبي المثبِّط "جابا" GABA. فقد قام توماس فاندل وزملاؤه ـ بجامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو ـ بإنماء خلايا جذعية، بحيث تتطور إلى سلائف للخلايا العصبية التي تنتج الناقل "جابا"، وقاموا بزرعها في الأحبال الشوكية المصابة في الفئران. وبعد ستة أشهر، تطورت تلك الخلايا إلى خلايا عصبية منتِجة للناقل "جابا"، كوّنت روابط ناجحة مع الخلايا العصبية الموجودة في النخاع الشوكي.

وأظهرت الحيوانات التي زرعت فيها الخلايا أيضًا تحسُّنًا في وظيفة المثانة، وانخفاضًا في مؤشرات الألم.

يرى الباحثون أن النتائج قد تشير إلى استراتيجيات علاجية لإصابات النخاع الشوكي في البشر في المستقبل.

***Cell Stem Cell* http://doi.org/bqzd (2016)**

الزراعة

ذُرَة مهندَسة وراثيًّا لقتل الآفات

هناك نوع من البروتين البكتيري، يحمي الذُّرة من نوع رئيس من الآفات الحشرية التي طوَّرت مقاوَمة ضد المبيدات الحشرية الأخرى.

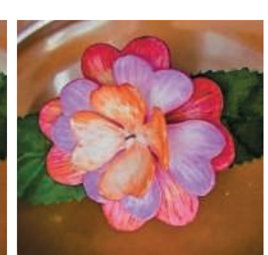
تتغذى يرقات دود جذور الذرة الغربية على جذور الذُّرَة، وتتسبب في خسائر كبيرة في المحاصيل في أنحاء أمريكا الشمالية وأوروبا. ويستطيع نبات الذُّرَة المحوَّر وراثيًّا "Bt" ـ الذي ينتج بروتينات مبيدة للحشرات من بكتيريا التربة *Bacillus thuringiensis* ـ درء هذه الآفة، إلا أن بعض الديدان أصبح مقاوِمًا لبعض هذه البروتينات. فقد قام لو ليو ـ الذي يعمل في شركة "دو بونت بايونير" DuPont Pioneer في هايوارد بولاية كاليفورنيا ـ وزملاؤه بتحليل عيِّنات من التربة، وتعرَّفوا على نوع صغير من البروتين، تنتجه بكتيريا *Pseudomonas chlororaphis*، اتضح أنه قام بقتل يرقات دود الجذور، لكنه لم يقتل الحشرات الشائعة الأخرى. ولم تضرر نباتات الذُّرَة المهندَسة وراثيًّا لإنتاج هذا البروتين بشكل كبير من دود الجذور، بغض النظر عما إذا كانت الآفة حساسة لبروتينات Bt، أم لا.

***Science* http://doi.org/bqzh (2016)**

مواد

مادة هلامية تتفتح كالزهرة

هناك مادة هلامية تمَّت برمجتها؛ لتغيِّر شكلها من تلقاء نفسها، دون أي محفزات خارجية.






X. HU ET AL./NATURE COMMUN.

وتتطلب معظم المواد التي تستطيع تغيير شكلها تحولًا في الظروف المحيطة، كدرجة الحرارة، أو الرطوبة مثلًا، كي تتغير من شكل إلى آخر، إلا أن أندري دوبرينن ـ من جامعة أكرون في أوهايو ـ وسيرجي شيكو ـ من جامعة نورث كارولينا في تشابل هيل ـ وفريقيهما أنتجوا بوليمر هلاميًّا مائيًّا يتضمن نوعين من الوصلات: روابط تساهمية دائمة، تتيح للمادة استعادة شكلها الأولي بعد التشوه، وروابط هيدروجين تُبْقِيها مؤقتًا في وضع مختلف. ومن خلال عوامل متغيرة، بما في ذلك سرعة حدوث التشوه المؤقت، والوقت الذي تحتفظ خلاله المادة بشكلها، يمكن للباحثين التحكم في مدى سرعة استعادة المادة لشكلها، دون الحاجة إلى وجود محفِّز. وعن طريق هذا النهج، أنتج الفريق زهرة اصطناعية ذات بتلات مبرمَجة، كل منها على حده؛ لتتفتح بالتتابع (في الصورة).

يقول الباحثون إن المادة قد تكون لها تطبيقات في أجهزة معينة، كالأجهزة الطبية المستزرَعة مثلًا.

***Nature Commun*. 7, 12919 (2016)**

علم الأعصاب

الجوع يطغى على الدوافع الأخرى

تبحث الفئران الجائعة عن الطعام في المواقف المخيفة التي تسعى عادةً لتَجَنُّبها. وقد حدَّد باحثون الخلايا العصبية في المخ، التي يبدو أنها تتحكم في هذا السلوك.

قام مايكل كراشيز ـ بمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية في بيثيسدا بولاية ميريلاند ـ وزملاؤه بتحفيز الخلايا العصبية المنظِّمة للشهية في منطقة ما تحت المِهاد (الهيبوثالامس) بأدمغة فئران، بعد إطعامها، وراقبوا سلوكها في بيئات مختلفة. وجد الباحثون أن الحيوانات كانت أكثر استعدادًا من الحيوانات غير المحفَّزة لدخول أماكن، أو مناطق مفتوحة وغير محمية، تفوح فيها رائحة الثعالب؛ من أجل الحصول على الطعام. كما فَضَّلت الذكورُ الجائعة ـ أو تلك التي تم تحفيز أدمغتها ـ البحثَ عن الطعام على قضاء الوقت مع الفئران الإناث.

وربما تَكشِف الدراسات المستقبلية كيف تقوم هذه الخلايا العصبية بكَبْت الغرائز المتنافِسة، مثل الخوف، والنشاط الاجتماعي.

***Neuron* http://doi.org/brbf (2016)**

علم الفلك

كيف يحجب الثقبُ الأسود نفسه

هناك ثقب أسود هائل في قلب مجرَّة بعيدة، يتخفى في عباءة من صنعه، حيث تتخفى الثقوب السوداء الهائلة وراء حلقات مفرغة من الغاز والغبار، إلا أن العلماء ليسوا متأكدين من مصدر هذه الحلقات. فقد قام فريق بقيادة جاك جاليمور ـ من جامعة بوكنل في لويسبيرج في بنسلفانيا ـ باستخدام مرصد أتاكاما الكبير المليّمتري/دون المليّمتري في شيلي؛ لمراقبة المجرَّة NGC 1068، التي تبعد 14.4 مليون فرسخ فلكي (أي 47 مليون سنة ضوئية). رأى الباحثون سُحُبًا ساخنة متأيِّنة من غاز أول أكسيد الكربون، تسير بعيدًا عن الثقب الأسود الخاص بالمجرَّة في اتجاهات متعارضة.

يشير ذلك إلى أن الغاز ينبع من قرص المادة الذي يدور حول الثقب الأسود، ويقذف بعيدًا بفعل المجال المغناطيسي المغزلي للثقب. وقد تُغَيِّر هذه النتائج النظريات الخاصة بكيفية تفاعُل الثقوب السوداء مع المجرّات التي تستضيفها.

***Astrophys. J.* 829, L7 (2016)**

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على: go.nature.com/hntmqc

FRANS LANTING/NGC



رَصْد أقلّ امتداد للغطاء الجليدي

سَجَّلَ الغطاء الجليدي لمحيط القطب الشمالي ثاني أقل امتداد له منذ بدء القياسات باستخدام القمر الصناعي منذ سبعة وثلاثين عامًا، بالرغم من الصيف البارد نسبيًّا، والملبد بالغيوم. وأعلن المركز الوطني الأمريكي لبيانات الثلوج والجليد في بولدر بولاية كولورادو أن الجليد في المحيط القطبي الشمالي بلغ الحد الأدنى الموسمي في العاشر من سبتمبر الماضي. واستقرت مساحة الغطاء الجليدي عند 4.14 مليون كيلومتر مربع، لتسجل بذلك ـ مع مساحة الغطاء الجليدي في عام 2007 ـ ثاني أقل مساحة تُرصَد بالقمر الصناعي.وسجَّل الغطاء الجليدي مستوياته الأدنى العشرة كلها منذ عام 2005. وجدير بالذكر أن الغطاء الجليدي سَجَّل أقل رقم قياسي له في سبتمبر الماضي من عام 2012، إذ بلغت مساحته 3.39 مليون كيلومتر مربع.

الفضاء

"روزيتا" تستريح

نَفَّذَت مركبة الفضاء "روزيتا" ـ التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية ـ هبوطها الارتطامي بنجاح على سطح المُذَنَّب "تشوريوموف-جيراسيمنكو/67 بي" في الثلاثين من سبتمبر الماضي، مُنْهِيَةً ـ بجسارة ـ مهمّتها التي استغرقت 12 عامًا. استمرت المركبة في إرسال سيل من البيانات أثناء هبوطها لمسافة 19 كيلومترًا نحو سطح المُذَنَّب. هدفت تلك الخطوة إلى منح العلماء أقرب صور ممكنة للغبار، والغازات، والبلازما الصادرة عن مُذَنَّب، إلى جانب القياسات المطلوبة.

أبحاث

فجوة في الأجور

ربما يكون إشراك المزيد من النساء في أدوار تتعلق بالعلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (العلوم التي تُعرف اختصارًا بـ"ستيم" STEM) هو الحل لسَدّ الفجوة في الأجور بين الجنسين في المملكة المتحدة، وذلك وفقًا لتقرير صادر عن شركة المحاسبة "ديلويت" Deloitte. يشير التقرير إلى أنه في حال بقاء الوضع على معدلاته الحالية (9.4% نسبة التفاوت الحالية في الأجور بين النساء والرجال العاملين بنظام الدوام الكامل) يُتوقَّع أن تستمر الفجوة حتى عام 2069. ووجد التقرير أنه على الرغم من أن التفاوت بين أجور الرجال والنساء أقل نسبيًّا في مجالات العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات، عنه في باقي المجالات الأخرى، فإن النساء تحتل 14% فقط من هذه الوظائف، وحوالي 70% منهن لا تتماشى مؤهلاتهن مع الأدوار ذات الصلة.

دواء لضمور العضلات

وافقت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية على أول دواء لعلاج الضمور العضلي دوشين Duchenne muscular) dystrophy). ويُعَدّ القرار ـ الذي أُعلن في التاسع عشر من سبتمبر الماضي ـ مثيرًا للجدل، بسبب صغر حجم التجربة الإكلينيكية الرئيسة للدواء، وعدم تَضَمُّنها مجموعة معالجة بدواء وهمي.وجدير بالذكر أن التجربة أجرتها شركة "ساريبتا ثيرابوتيكس" Sarepta Therapeutics في كمبريدج بولاية ماساتشوستس. وستطلب الإدارة من "ساريبتا" إجراء دراسة أخرى؛ للتحقق من تأثير هذا الدواء المسمى "إيتيبليرسين" eteplirsen.

شخصيات

رئيسة لـ"جلاكسو"

ستصبح شركة "جلاكسو سميث كلاين" GlaxoSmithKline (GSK) الشركة الوحيدة بين شركات الأدوية الكبرى التي تقودها امرأة. فقد أعلنت الشركة ـ في العشرين من سبتمبر الماضي ـ أن إيما وَالمِسلي رئيسة قسم الرعاية الصحية للمستهلك ستحل محل أندرو ويتي؛ لتصبح الرئيسة التنفيذية للشركة. وسيترك ويتي ـ الذي يُعَدّ أحد ألمع الأسماء في صناعة الأدوية ـ منصبه في مارس 2017.

منشآت

افتتاح الليزر

أُطلِق رسميًّا أقوى جهاز ليزر حُرّ الإلكترون للأشعة السينية (XFEL) في هامبورج في ألمانيا في السادس من أكتوبر 2016. دخل الجهاز الأوروبي ـ الذي تبلغ تكلفته 1.2 مليار يورو (ما يعادل 1.3 مليار دولار أمريكي)، وتموله إحدى عشرة دولة ـ مرحلة التجارب. وعندما يعمل الجهاز بكامل طاقته، سيسرِّع مجموعات من الإلكترونات الحرة، حتى تقترب سرعتها من سرعة الضوء، مولِّدًا إشعاعات سينيّة بنبضات تصل إلى 27 ألف نبضة في الثانية. وسيستخدم العلماء الإشعاع لدراسة الجزيئات والتفاعلات الكيميائية المعقدة بتفصيل غير مسبوق. ويُذكَر أنّ المسرع الخطي فائق التوصيل ـ الخاص بالمنشأة، والبالغ طوله 1.7 كيلومتر ـ أُنشئ في نفق تحت الأرض في سبتمبر الماضي. وإذا جرت مرحلة الاختبارات طبقًا للخطة الموضوعة؛ فسيتمكَّن الباحثون من التقدم بطلبات لتجريب الجهاز، بدءًا من العام القادم.

تليسكوب صيني

بدأت الصين تجربة التليسكوب الراديوي الكروي، البالغ قطر فتحة عدسته 500 متر "فاست" FAST، وهو أكبر تليسكوب بطبق واحد في العالم. يزيد اتساع "فاست" ـ الواقع في منطقة جبلية جنوبي مقاطعة جويتشو ـ عن ثاني أكبر تليسكوب من نوعه بنسبة 65%. ويرفع هذا الحجم

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الأكبر للطبق من فُرَص رَصْد إشارات من أجرام بعيدة للغاية، مثل النجوم النابضة. ففي الخامس والعشرين من سبتمبر الماضي، حضر حوالي 200 عالِم من جميع أنحاء العالم مراسم افتتاح التليسكوب، وألقوا نظرة أولى على بياناته الأولية. وبمجرد الانتهاء من مرحلة التجربة، سيتاح للفِرَق البحثية التقدم لطلب الحصول على فرص لاستخدام التليسكوب.

سياسات

اتفاقية باريس

صَوَّت البرلمان الأوروبي بالموافقة على اتفاقية باريس للمناخ في الرابع من أكتوبر الماضي، مما يؤمِّن دعمًا كافيًا لإدخال الاتفاق حيز التنفيذ. يُذكر أنه لتفعيل الاتفاقية، ينبغي الحصول على دعم 55 دولة تنتج 55% من انبعاثات الغازات الدفيئة العالمية. وينتج الاتحاد الأوروبي 12% من الانبعاثات العالمية. كما صَدَّقت الهند ـ التي تنتج 4% من الانبعاثات العالمية ـ على الاتفاقية في الثاني من أكتوبر الماضي. ستلزم الاتفاقية ـ التي أقرَّتها 200 دولة تقريبًا في شهر ديسمبر 2015 في باريس ـ الدول المشارِكة بالإبقاء على مستوى الاحترار العالمي "أقل بكثير" من درجتين مئويتين.

إجراء ضد المقاومة

وقَّعت كل الدول الأعضاء بالأمم المتحدة ـ البالغ عددها 193 دولة ـ على قرار لمكافحة مقاومة المضادات البكتيرية. وتشير التقديرات إلى وفاة حوالي 700 ألف شخص سنويًّا، بسبب الإصابة بعدوى مقاوِمة للعلاج بالمضادات البكتيرية. يُلْزِم القرار ـ الذي وُقِّعَ في مدينة نيويورك في الواحد والعشرين من سبتمبر الماضي ـ الدول بتَبَنِّي نَهْج موسع ومنظم؛ لتحديد الأسباب الأساسية وراء مقاومة المضادات البكتيرية، وهي المشكلة التي يقول عنها بان كي مون ـ السكرتير العام للأمم المتحدة ـ إنها تمثل "تهديدًا لصحة الإنسان على المدى الطويل".

ويرجع تزَايُد مستويات مقاومة المضادات البكتيرية ـ إلى حد كبير ـ إلى الاستخدام المفرط والخاطئ للمضادات الحيوية والمضادات البكتيرية الأخرى، بين البشر، ومع الحيوانات والمحاصيل الزراعية.

أحداث

طفل "ثلاثي الآباء"

ربما للمرة الأولى في تاريخ العلاج الإخصابي، يُولد طفل ذكر باستخدام تقنية إحلال المايتوكوندريا المثيرة للجدل، التي تخلط الحمض النووي لثلاثة أشخاص. وقد أُعلِن عن هذا السبْق في مجلة "نيو ساينتست" *New Scientist* في السابع والعشرين من سبتمبر الماضي. تتم هذه العملية ـ التي تُسمى "نقل المغزل النووي" ـ عن طريق نقل النواة من بويضة أم، بها ميتوكوندريا تالفة، إلى بويضة سليمة خالية من النواة للأم المتبرعة، ثم تحدث بعد ذلك عملية التخصيب بحيوان منوي من الأب. أجرى العملية فريق طبي



COURTESY OF NEW HOPE FERTILITY CLINIC

أمريكي في المكسيك لزوجين أردنيين. تعاني الأم من مرض عصبي، يُسمى "متلازمة لي" Leigh's syndrome، ولكنْ في ظل وجود معلومات ضئيلة، لم يتم التحقق من الإجراء؛ ما دفع بعض الباحثين إلى التشكيك في الجوانب الأخلاقية للعملية. ويُذكر أنه كان من المخطَّط أن يقدِّم فريق العمل ـ الذي يقوده جون زهانج (**في الصورة** مع الطفل) ـ تفاصيل التجربة في التاسع عشر من أكتوبر الماضي. وقد وُلد الطفل في إبريل الماضي. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature. com/2dphaud.

اتحاد لعمالقة التقنية

ستوحِّد عمالقة التقنية "جوجل، وفيسبوك، وأمازون، وآي بي إم، ومايكروسوفت" قواها في صورة ائتلاف للذكاء الاصطناعي، يهدف إلى تحسين فهْم العامة لهذا المجال. وستوصي "مشارَكة الذكاء الاصطناعي لنفع الناس والمجتمع" ـ التي أُعلنت في الثامن والعشرين من سبتمبر الماضي ـ بأفضل الممارسات، وستستشير أكاديميين حول الطريقة التي يمكن للذكاء الاصطناعي أن يؤثر بها على المجتمع، وستطرح معايير للباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي؛ لتطبيقها في المستقبل، إلا أنّ اسمين كبيرين غابا ولم ينضمّا إلى الاتحاد، وهما شركة "أبل"، وشركة أبحاث الذكاء الاصطناعي "أوبن إيه آي"، التابعة لإيلون ماسك.

eLife تلغي المجّانية

أعلنت مجلة الوصول المفتوح "إي لايف"*eLife* ـ في التاسع والعشرين من سبتمبر الماضي ـ أنها ستُوقِف إحدى أهم مميزاتها، وهي النشر المجاني، فبداية من عام 2017، ستحصِّل رسمًا قدره 2,500 دولار أمريكي عن كل ورقة مقبولة. وقد تَوَلَّى تغطية تكاليف المجلة ـ التي أُطلقت في عام 2012 ـ حتى الآن ثلاثة من أكبر مموِّلي الأبحاث غير الحكوميين على مستوى العالم، إلا أن مدير المجلة يقول إنها تسعى لتوفير موارد أخرى لدعم عملها، في ظل تزايد أعداد الأوراق البحثية التي تتلقاها. ويُذكر أن الرسوم المذكورة مقارِبة للرسوم التي تفرضها مجلات الوصول المفتوح الأخرى. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature. com/2dwl1hy.

جوائز

مِنَح العباقرة

سيحصل 8 علماء من ضمن 23 فائزًا على مِنَح العباقرة (Genius Grants) لهذا العام، التي تقدمها مؤسسة ماك آرثر في شيكاجو بولاية إلينوي. ومن بين الفائزين: ريبيكا ريتشاردز كورتوم، المهندسة الحيوية بجامعة رايس في هيوستن بولاية تكساس، التي تطوِّر تقنيات تشخيصية بسيطة ومنخفضة التكلفة؛ لاستخدامها في الدول النامية، وسوباش كوت، المتخصص في علم الحاسبات النظري بجامعة نيويورك، الذي يسعى إلى فَهْم أبعد ما يمكن أن تصل إليه الحاسبات. تأتي كل جائزة من جوائز ماك آرثر ـ المعلَنة في الثاني والعشرين من سبتمبر الماضي ـ مع منحة غير مشروطة، بقيمة 625 ألف دولار أمريكي، تُدفع على مدار خمسة أعوام. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/2cp7qbq.

مراقبة الاتجاهات

في الثاني والعشرين من سبتمبر الماضي، ذكر تقرير صادر عن مجموعة "أويل تشينج إنترناشونال" Oil Change International ـ المؤيِّدة لاستخدام الطاقة النظيفة، ومقرها في واشنطن العاصمة ـ أن انبعاثات الكربون ستتسبَّب في رفع الاحترار العالمي لأكثر من درجتين مئويتين، إذا استمر العالَم في إنتاج النفط والغاز والفحم من الاحتياطي المستغَلّ حاليًّا بالفعل، أو الجاري استخراجه. استخدمت المجموعة بيانات من الصناعة والحكومة، وتوصلت إلى أن انبعاثات الكربون الناجمة عن الحقول الحالية ستتجاوز بنسبة 12% كمية الكربون المسموح بها للحفاظ على فرصة نسبتها 66%؛ لتثبيت الاحترار العالمي عند ما دون درجتين مئويتين.

هل نُبْقِيها في باطن الأرض؟

ستُحدِث الانبعاثات الصادرة من احتياطيات الوقود الأحفوري المعروفة أزمةً في ميزانية الكربون المطلوبة للإبقاء على الاحترار العالمي دون درجتين مئويَّتين.

مثبت | محتمل

انبعاثات من احتياطيات الوقود الأحفوري

فحم | نفط | غاز | نفط | غاز

ميزانية الكربون للحفاظ على الزيادة دون:

درجتين مئويتين

درجة ونصف

0 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1,000

ثاني أكسيد الكربون بالجيجا طن

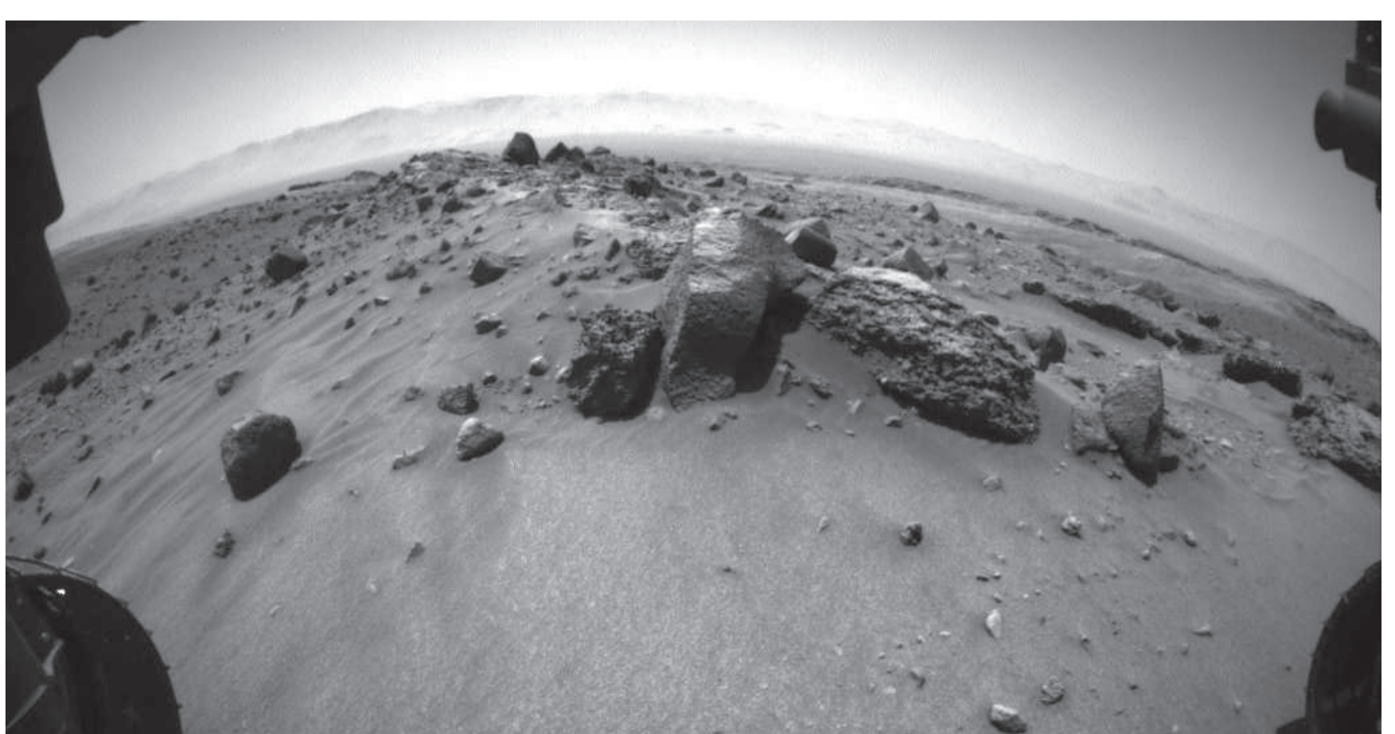
تتيح ميزانية الكربون فرصة نجاح بنسبة 66% في إبقاء الاحترار العالمي دون درجتين مئويتين، أو فرصة نجاح نسبتها 50%؛ للوصول به إلى درجة ونصف الدرجة المئوية.

SOURCE: OIL CHANGE INTERNATL. *THE SKY'S THE LIMIT* (2016)

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأخبار من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

أخبــار في دائرة الضـوء

NASA



صورة التقطها مسبار كيريوسيتي للمريخ، عند سفح جبل أيولس مونس، قبل أن يبدأ في تسلق الجبل.

علم الكواكب

الخوف من تلوث المريخ قد يحوِّل مسار كيريوسيتي

يجب على «ناسا» أن تمنع وصول ميكروبات الأرض إلى خطوط انحدار تلال المريخ، التي يُحتمل احتواؤها على الماء.

ألكسندرا ويتز

خلال رحلته التي امتدت أربع سنوات حتى الآن على سطح المريخ، يواجه مسبار كيريوسيتي ـ التابع لوكالة «ناسا» ـ تحديًا غير متوقع، وذلك أثناء محاولته شق طريقه بسلام بين عشرات الخطوط الداكنة، التي قد تشير إلى وجود مياه تسيل على منحدرات الكوكب الأحمر.

وعلى الرغم من رغبة العلماء في فحص تلك الخطوط من مسافة قريبة، إلا أن قواعد دولية صارمة تحظر على كيريوسيتي لمس أي جزء من سطح المريخ يمكن أن يحوي ماء سائلًا، وذلك لمنع التلوث. وبما أن المسبار بدأ في تسلُّق جبل «أيولس مونس» ـ جبل الريح ـ في أكتوبر، فقد كان من المحتمل أن يمر على بضعة كيلومترات من خطوط داكنة تكوَّنت وتحولت ما بين فبراير ويوليو 2012 بطرق توحي بوجود مياه متدفقة.

يحاول المسؤولون في «ناسا» تحديد ما إذا كان يمكن لميكروبات الأرض العالقة بمسبار كيريوسيتي تلويث مياه المريخ من على بعد، أم لا، فإذا كانت نسبة المخاطرة مرتفعة للغاية، فيمكن لـ«ناسا» تغيير مسار المسبار، ولكن ذلك من شأنه أن يمثل تحديًا جغرافيًّا شاقًّا، حيث إن هناك مسارًا واحدًا فقط واضحًا يؤدي إلى التكوينات الجيولوجية القديمة، التي يتوق علماء كيريوسيتي منذ سنوات إلى أَخْذ عيِّنات منها (انظر: هل المريخ رطب تمامًا؟).

يقول أشوين فاسافادا، الباحث بمشروع كيريوسيتي في مختبر الدفع النفاث التابع لـ«ناسا» في باسادينا بولاية كاليفورنيا: "نحن متحمسون جدًّا للوصول إلى هذه الطبقات، والعثور على المياه، البالغ عمرها 3 مليارات عام، لا تلك التي عمرها عشرة أيام".

شُوهدت تلك الخطوط ـ التي تُسمى «خطوط المنحدرات المتكررة» RSLs، لأنها تظهر ثم تتلاشى، ثم تعود إلى الظهور موسميًّا على المنحدرات الشديدة ـ للمرة الأولى[1] على سطح المريخ قبل خمس سنوات، في عدد قليل من الأماكن. يصل العدد الإجمالي الآن إلى 452 من خطوط المنحدرات المتكررة المحتملة. وأكثر من نصف تلك الخطوط يوجد ◄

◄ في وادي «فاليس مارينيريس» الاستوائي الضخم، لكنها تظهر أيضًا في دوائر العرض وخطوط الطول الأخرى. يقول ديفيد ستيلمان، المتخصص في علم الكواكب في معهد ساوث ويست للأبحاث في بولدر، كولورادو، الذي يقود عملية إعداد القوائم: "عثرنا عليها في كل مكان".

العلامات الداكنة

تبلغ أبعاد خطوط المنحدرات المتكررة عادةً بضعة أمتار عرضًا، ومئات الأمتار طولًا. وهناك فكرة رائجة تقول إنها تتشكل عندما ترتفع درجة حرارة سطح المريخ البارد بما يكفي لذوبان الجليد على سطحه، ومن ثم لتسيل المياه إلى أسفل المنحدرات. وعندما تنخفض درجات الحرارة؛ يتجمد الماء، لتظهر تلك الخطوط مرة أخرى حتى الموسم التالي، ولكن الأمر يزداد تعقيدًا في وجود عوامل أخرى، مثل الملح المحتمَل وجوده في الماء، حيث إن المياه المالحة قد تسيل في درجات حرارة أقل من المياه العذبة[2].

تشمل تفسيرات أخرى محتمَلة للخطوط المياه المتكاثفة في الغلاف الجوي، أو تيارات من الحطام الجاف تمامًا. يقول كولن دونداس، المتخصص في جيولوجيا الكواكب في هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية في فلاجستاف بولاية أريزونا: "لهذه الخطوط سلوك يشبه إلى حد كبير سلوك الماء السائل، لكن المريخ مكان غريب، ويستحق النظر في إمكانية احتوائه لظواهر جافة قد تفاجئنا".

استخدَمت دراسةٌ نُشرت في أغسطس بيانات بالأشعة تحت الحمراء المدارية، لتشير إلى أن خطوط المنحدرات المتكررة النمطية لا تحتوي على الماء[3] بأكثر من 3%، وبالتالي فإن ملامح المنحدرات الخطية المريخية ـ المعروفة بالأخاديد، التي كان يُعتقد في البداية أن سببها الماء السائل ـ يُعتقد الآن أنها ناجمة في الغالب عن تجمُّد ثاني أكسيد الكربون.

أحصى دونداس وزملاؤه 58 من خطوط المنحدرات المتكررة المحتملة، قرب موقع هبوط كيريوسيتي في فوهة «جيل»[4]، حيث ظهر الكثير منها بعد عاصفة غبار هائلة شملت الكوكب في عام 2007، ربما لأن الغبار عمل بمثابة صوبة حرارية مسبِّبة لاحتباس حراري مؤقت، رفع درجة حرارة سطح الكوكب، كما يقول ستيلمان.

ومنذ يناير، يستخدم علماءُ المهمة جهاز التحليل الطيفي الليزري والتصوير عن بُعد «كيم كام» ChemCam الموجود على متن المسبار ـ ويحتوي على تليسكوب صغير ـ لتصوير الخطوط القريبة، كلما أمكن ذلك. وحتى الآن، صَوَّر المسبار 8 مواقع فقط من أصل 58 موقعًا، ولم يرصد أي تغيير؛ فالمعالم المرصودة ما هي إلا خطوط على المنحدرات، لكنها لم تُكرَّر حتى الآن. يقول ريان أندرسون، وهو جيولوجي في هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، ويقود عمليات التصوير: "لقد حصلنا على حرفين من ثلاثة أحرف لحل الأحجية".

يقع كيريوسيتي حاليًّا على بُعد 5 كيلومترات تقريبًا من خطوط المنحدرات المتكررة المحتملة. وتبعًا للمسار المخطَّط له، فلن يتمكن من الاقتراب لأقرب من حوالي كيلومترين، كما يقول فاسافادا، حيث لا يمكن فيزيائيًّا أن يندفع المسبار صعودًا ليلمس تلك الخطوط، حتى لو أراد ذلك، لأنه لا يمكنه السير على منحدرات ذات ميول تُقدَّر بـ25 درجة فأكثر، وهي الميول التي تظهر عندها الخطوط.

واقتراب المسبار غير المتوقَّع من خطوط المنحدرات المتكررة، حدا بـ«ناسا» إلى إعادة تقييم بروتوكولاتها لحماية الكواكب. وتم تعقيم كيريوسيتي جزئيًّا فقط قبل إرساله إلى المريخ، ويحسب الآن الخبراء في مَقَرّ مختبر الدفع النفاث، ووكالة «ناسا» في واشنطن العاصمة، المدة التي يمكن فيها للميكروبات المتبقية البقاء على قيد الحياة في جو المريخ القاسي، وكذلك الظروف الجوية التي يمكن أن تنقلها عدة كيلومترات، بما قد يؤدي إلى تلوث المياه. يقول فاسافادا: "لم يتم قياس ذلك بصورة دقيقة لأيٍّ من مهمات المريخ".

يُعَدّ هذا العمل بمثابة اختبار مبكر لمسبار «ناسا»، المقرر إطلاقه إلى المريخ في عام 2020، الذي سوف يبحث عن الحياة، ويجمع العينات ويدخرها لعودة محتمَلة إلى الأرض. وتوجد خطوط المنحدرات المتكررة في عدد من مواقع الهبوط الثمانية المحتمَلة للمسبار.

وفي الوقت الراهن، ينتهي كيريوسيتي من استكشاف موراي بوتس؛ تلك الأبراج الصخرية الرائعة التي تشكَّلت من رسوبيات في قاع البحيرات القديمة، في بيئة يُحتمل أن تكون من النوع الداعم للحياة؛ ذلك النوع الذي أُرسل المسبار للبحث عنه. وقد بدأت مهمة طويلة ثانية لكيريوسيتي في الأول من أكتوبر. ولتفادي أي حوادث، سيتم تعيين عُمْر المسبار بربطه بمخزونه من الطاقة النووية، الذي سيستمر في التناقص في السنوات القادمة، نتيجة للتحلل الإشعاعي. هذا ولا يزال لدى كيريوسيتي كيلومترات ليستكشفها، في نطاق جبل أيوليس مونس، وهو يتحرك نحو وِجْهَته النهائية؛ مجموعة الصخور الغنية بالسُّلفات. ■

هل المريخ رطب تمامًا؟

مسبار ناسا كريوسيتي يتحرك باتجاه خطوط المنحدرات المتكررة (RSLs)، التي يمكن أن تشير إلى وجود الماء على سطح المريخ.

الوصول والهبوط في برادبري: أغسطس 2012

كوبرستاون: نوفمبر 2013

تلال باروميب: نوفمبر 2014

الموقع الحالي: موراي بوتس

تكوينات موراي

وحدة هيماتيت

وحدة طين

وحدة سُلفات

مسار محتمل

أيوليس مونس

1 كم

خطوط منحدرات متكررة محتملة (RSLs)

SOURCE: ROUTE: NASA; TERRAIN: ASU; RSLS: REF. 4

1. McEwen, A. S. *et al. Science* **333,** 740–743 (2011).
2. Ojha, L. *et al. Nature Geosci.* **8,** 829–832 (2015).
3. Edwards, C. S. & Piqueux, S. *Geophys. Res. Lett.* http://dx.doi.org/10.1002/2016GL070179 (2016).
4. Dundas, C. M. & McEwen, A. S. *Icarus* **254,** 213–218 (2015).

علم الأحياء

خلايا يكتنفها الغموض

عيّنات من خط خلوي واسع الاستخدام في دراسات سرطان المخ، ظهر أنها لا تتماشى ومصدرها الذي يعود عمره إلى 50 عامًا مضت.. ما أثار حيرة الباحثين.

إلي دولجين

دائمًا ما يتم حَثّ الباحثين في مجال الطب الحيوي على التيقُّن من أن تكون الخطوط الخلوية الخاصة بهم خالية من أي ملوِّثات، أو أخطاء في التصنيف، لكن حَسْب دراسة أجريت مؤخرًا، فإنّ أي جهود تُبذل لإثبات أصالة أحد الخطوط الخلوية لن تجدي نفعًا أفضل من مقارنتها بالمعايير المرجعية.

في يوم 31 من شهر أغسطس الماضي، أعلن باحثون أنّ خطًّا خلويًّا معينًا يُستخدَم على نطاق واسع لدراسة سرطان المخ قد تَبَيّن أنّه لا يتماشى مع الخلايا التي استُخدمت في إنشائه قبل 50 عامًا، ولا مع الورم الذي يعود إليه مصدره (M. Allen *et al*. *Sci*. *Transl*. *Med*. **8**, 354re3; 2016).

في الواقع، لا يوجد أحد متيقِّنًا تمامًا من المنشأ الحقيقي للخط الخلوي الذي توزعه معظم المستودعات الخلوية.

ولأنّ عددًا قليلًا من الخطوط الخلوية يجري التحقق من أصالتها، عن طريق مقارنتها بالمادة الأصلية الأولية، يقول كريستوفر كورش، الباحث في علم الوراثة في جامعة كولورادو دنفر: "إن هذه الورقة البحثية في الغالب ما هي إلا غيض من فيض".

تحاول مجموعات كثيرة معالجة مشكلة الخطوط الخلوية

المعرفة بشكل خاطئ بغية تحسين قابلية إعادة إنتاج نتائج الأبحاث. وقد بدأت معاهد الصحة الوطنية الأمريكية هذا العام تطلب من المتقدمين بطلبات التمويل وَصْف الكيفية التي سيتحققون بها من أصالة الخطوط الخلوية الخاصة بأبحاثهم. كما بدأت دوريات علمية، مثل دورية *Nature*، تطلب من مؤلفي الأبحاث فحص الخلايا التي يعملون عليها، ومقارنتها بقاعدة بيانات تحتوي على 475 خطًّا خلويًّا (الرقم في تزايد)، يُعرف عنها أن بها بعض الخلط.

لم تَدْعُ أيٌ من المنظمات للتجسس الأرشيفي، الذي نتجت عنه تلك الدراسة الحديثة. "إنّه لمن الصعب دفع الباحثين إلى التحقق من أصالة الخطوط بالطريقة القياسية"، حسب قول ليونارد فريدمان، مدير المعهد الدولي للمعايير البيولوجية، وهي منظمة غير ربحية تعمل في واشنطن العاصمة، وكانت قد وجدت أنّ معظم الباحثين في علوم الحياة لم يتحققوا أبدًا من أصالة الخلايا الخاصة بعملهم (L. P. Freedman *et al*. *BioTechniques* **59**, 189-192; 2015). ويضيف: "الفكرة الجديدة أكثر تفصيلًا بكثير".

أُنشئ الخط الخلوي الذي يدور الجدل حوله ـ المسمى U87 ـ في عام 1966 في جامعة أوبسالا بالسويد، باستخدام نسيج من سيدة تبلغ 44 عامًا، كانت تعاني من نوع شرس من سرطان المخ، يُطلق عليه اسم «ورم أرومي دِبْقي». وقد استُخدم منذ ذلك الحين في عدد لا حصر له من الأبحاث التي نتج عنها حوالي 2000 ورقة بحثية.

في البداية، أثار الحماس نحو U87 حيرة بينكت ويسترمارك، المتخصص في علم الأحياء الخاص بالأورام في جامعة أوبسالا. عندما كان يدرس بمرحلة الدراسات العليا في السبعينات، قام ويسترمارك بدراسة ثمانية خطوط خلوية مختلفة لسرطان المخ، ويقول عن الخط الخلوي U87: "كان العمل به أمرًا ميؤوسًا منه"، إذ كان معدل نموه أبطأ كثيرًا عن الخطوط الأخرى.

بعد سنوات من ذلك، حصل ويسترمارك على نسخة من الخط الخلوي U87، توزِّعها المؤسسة الأمريكية لتجميع المستنبتات حسب النوع (American Type Culture Collection - ATCC)، وهي بمثابة مستودع للخلايا في ماناساس في ولاية فيرجينيا. استطاع ويسترمارك أن يلاحظ من مواصفات نمو الخلايا أنّ الخط الخلوي U87 كان يختلف بشكل واضح عن الخلايا التي أَشْقَته أثناء دراسته؛ لذا قرر إجراء مقارنة رسمية.



الخط الخلوي U87 أتى من ورم دبقي يشبه هذا الورم، لكنْ يظل مصدره مجهولًا.

STEVE GSCHMEISSNER/SPL

ولحسن الحظ، كانت جامعة أوبسالا قد حافظت على نسيج الورم الذي أُنشئ منه الخط الخلوي الأصلي؛ ما مكّن فريق ويسترمارك من التحقق من هوية العينة الأرشيفية من U87 المحفوظة في جهاز التبريد. عندها، استخدم الباحثون تقنيات تحديد بصمة الحمض النووي؛ لإثبات أنّ العينة التي توزعها مؤسسة ATCC كانت مختلفة، وأنّها لم تتطابق مع أي خط خلوي آخر أُنشئ في جامعة أوبسالا.

قالت مسؤولة العلوم والتكنولوجيا لدى المؤسسة إنّ المستودع قد حصل على الخط الخلوي U87 الموجود لديها في عام 1982 من مركز سلون كيترينج التذكاري للسرطان في مدينة نيويورك، الذي بدوره استلم الخط الخلوي من جامعة أوبسالا في عام 1973. وعند وصوله إلى المؤسسة، كان الخط الخلوي يحتوي على كروموسوم Y، على الرغم من أنّه كان قد قيل أنّه أُخِذ من امرأة، مما يعني أنّ الخلط قد وقع ـ على الأغلب ـ في مركز سلون كيترينج، أو أثناء إحدى عمليات التسليم.

وفي ظل كل هذه الاكتشافات، تعتزم مؤسسة ATCC تحديث تفاصيل خلفية الموضوع في قوائمها الخاصة بالخط الخلوي U87، الذي تصفه على أنّه مذكر؛ بينما يظل مصدره غامضًا.

وقد أجرى فريق ويسترمارك مقارنة لتوصيفات التعبير الجيني التي أشارت إلى أنّ الخط الخلوي الخاص بمؤسسة ATCC جاء من ورم في المخ. يقول ويسترمارك إزاء ذلك: "إنها لأخبار سيئة ألّا يكون كما كان معتقَدًا.. لكن الخبر الجيد أنّه في الغالب ورم أرومي دبقي"؛ مما يعني أنّ الدراسات التي أُجريت على الخط الخلوي U87 ما زالت تعكس علم الأحياء الخاص بسرطان المخ، ولا يتوجب علينا طرحها جانبًا، كما يقول.

ومع ذلك، يعتقد الكثير من الباحثين في مجال السرطان أنّ الوقت قد حان لتَخَطِّي U87 وخطوط خلوية «تقليدية» أخرى، بصرف النظر عن مصادرها، لأنّ ظروف المزرعة التي استُخدمت في الماضي لتنمية الخلايا تُغيِّر طبيعتها البيولوجية. وبات ويسترمارك وآخرون غيره يفضلون استخدام خطوط خلوية أحدث، جرت تنميتها وتكاثرها باستخدام أنواع من وسائط النمو تضمن الاستقرار الجيني وغير الجيني، بينما تقدّم جامعة أوبسالا من خلال البنك الحيوي لمستنبتات خلايا الأورام الدبقية البشرية Human Glioma Cell Culture biobank التابع لها هذه الأنواع من الخلايا لباحثين آخرين مقابل رسوم قليلة لتغطية تكاليف المعالجة.

يقول هوارد فاين، باحث في علم الأورام العصبية في معهد وايل كورنيل لأورام المخ في مدينة نيويورك: "ما اعتدنا استخدامه قديمًا لا يمثل الأمراض البشرية جيدًا. ولذا.. سأكون سعيدًا، إن استطاع أحد ما القضاءَ على الخط الخلوي U87 يومًا ما". ■

طقس الفضاء

الولايات المتحدة تشدِّد المراقبة على العواصف الشمسية المدمِّرة

الجيل القادم من نموذج قياس طقس الفضاء سوف يرسم خريطة للمخاطر التي تواجه شبكات الطاقة.

أليكساندرا ويتز

في معركة حماية الأرض من العواصف الشمسية، تُرسَم خطوط القتال في الفضاء عند نقطة تبعد 1.6 مليون كيلومتر عن الأرض؛ حيث يَنتظر هناك قمر صناعي تابع للإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي «NOAA» انجراف الإلكترونات والبروتونات عبره، وهي إشارة على أن الشمس قد أطلقت فيضانًا من الجسيمات المشحونة في اتجاه الأرض.

وبنهاية شهر سبتمبر الماضي، كان من المفترض أن تكون لدى «NOAA» فكرة أفضل بكثير عن مدى خطورة تلك العواصف الكهرومغناطيسية. وسوف تبدأ الإدارة بإصدار توقعات تعتمد على نموذج أكثر تعقيدًا للتنبؤ بكيفية إحراق العواصف الشمسية القادمة لشبكات الطاقة الكهربائية، سيكون أوضح دليل إرشادي متوفر إلى الآن حول أيٍّ من شركات المرافق ينبغي أن تساورها المخاوف، وفي أي أجزاء من العالم.

يقول بوب راتليدج، رئيس فريق التنبؤ بمركز التنبؤ بطقس الفضاء، التابع لـ«NOAA» في بولدر بكولورادو: "هذه هي المرة الأولى التي سنحصل فيها على تنبؤات قصيرة المدى حول التغيرات التي سوف تحدث على سطح الأرض. يمكننا أن نخبر مستهلكي إحدى شبكات الطاقة، ليس فقط بأنه سيكون يومًا سيئًا، بل ونمنحهم بعض التحذيرات والمعلومات المسبقة عما سيواجهونه بالضبط".

يمكن للعواصف الشمسية القوية أن تقضي على الاتصالات اللاسلكية، وعمليات الأقمار الصناعية، ولكن بعض آثارها الأكثر تدميرًا يكون على شبكات الطاقة الكهربائية. ففي عام 1989، قضت عاصفة شمسية على شبكة هيدرو-كيبيك الكندية بأكملها لساعات، تاركةً عدة ملايين من الناس في ظلام دامس. وفي عام 2003، أدّت الارتفاعات الشديدة في التيار الكهربي ـ الناجمة عن عاصفة شمسية ـ إلى إحراق المحوِّلات في جنوب أفريقيا، وارتفاع درجة حرارة محولات أخرى بمحطة طاقة نووية ◀

عواصف من الشمس

الجسيمات المشحونة المتدفقة من الشمس يمكن أن تصطدم بالأرض، مسببة انقطاع الاتصالات اللاسلكية، وانقطاع الكهرباء. تقدم النماذج الجديدة تنبؤات أفضل بهذه المخاطر.

في السويد. وإذا عَلِمَت إحدى شركات الطاقة بقدوم عاصفة شمسية، يستطيع المسؤولون تحويل الطاقة من المناطق المهددة من الشبكة إلى مناطق أخرى أكثر أمانًا، أو اتخاذ احتياطات أخرى.

وحتى الآن، حذَّرت «NOAA» من النشاط الشمسي باستخدام مؤشر K الكوكبي، وهو مقياس يصنف التهديد المغناطيسي الأرضي الراهن للكرة الأرضية بأكملها. وتأتي نشرة تنبؤات «الفضاء الأرضي» الجديدة، التي تعتمد على أكثر من عقدين من الأبحاث، في صورة خريطة توضح أي المناطق من المحتمل أن تكون أكثر تضررًا (G. Tóth *et al*. *J. Geophys. Res. Space Phys.* **110**, A12226; 2005).

يقول تاماس جومبوسي ـ عالم فيزياء الفضاء بجامعة متشيجان في آن أربر، الذي ساعد في تطوير النموذج ـ إنّ معرفة أنّ كندا ـ على سبيل المثال ـ سوف تتضرر أكثر من أوروبا الشمالية يساعد مشغِّلي الشبكات كثيرًا. ويقارن جومبوسي هذا بنشرة إعصار تقول إنّ عاصفة ما سوف تضرب فلوريدا، بدلًا من أن تقول إنّ العاصفة سوف تضرب مكانًا ما على الكوكب (انظر: «عواصف من الشمس»).

نموذج الغلاف المغناطيسي

تقول كاثرين بورنيت ـ مديرة برنامج طقس الفضاء بهيئة الأرصاد الجوية بالمملكة المتحدة في إكستر ـ إن التنبؤ بطقس الفضاء على المستوى نفسه من البداية، الذي كان عليه التنبؤ بالطقس الجوي قبل ثلاثة أو أربعة عقود. لقد طوَّر الباحثون نماذج مختلفة؛ لوصف أجزاء مختلفة من النظام الشمسي-الأرضي، ولكن كان من الصعب ربْطها معًا في إطار عمل متماسك. ويجمع النهج الذي جرى تطويره بجامعة متشيجان 15 نموذجًا، تصف في مجملها الغلاف الجوي الشمسي عبر الفضاء بين الكواكب، وفي المجال المغناطيسي للأرض. تتضمن نشرة «NOAA» ثلاثة من هذه النماذج: نموذج يصف الغلاف المغناطيسي للأرض بأكمله، وآخر يركز على الغلاف المغناطيسي الداخلي، والثالث للنشاط الكهربي في الغلاف الجوي العلوي.

ويقول جابور توث ـ المطوِّر من جامعة متشيجان ـ إن كتلة الغلاف المغناطيسي الداخلي ضرورية للغاية لنجاح النموذج بأكمله. ويصف هذا النموذج كيفية تدفُّق الجسيمات النشطة وتفاعلها أثناء اقترابها من قطبي الأرض، وكيفية تأثير الجسيمات على المغناطيسية على سطح الكوكب. ويمكن للتحذيرات أن تمنحنا حوالي (20 دقيقة إلى 60 دقيقة) لنأخذ احتياطاتنا.

وتُعَدّ تنبؤات «NOAA» المحسَّنة جزءًا من جهود الوكالات الأمريكية لتنفيذ استراتيجية قومية مرتبطة بطقس الفضاء، أصدرها البيت الأبيض العام الماضي. وسوف تطلب الجهات التنظيمية قريبًا أيضًا من مشغِّلي شبكات الطاقة تقديم تقييمات للمخاطر، تتضمن تهديد العواصف الشمسية. يقول آنتي بولكينن، الباحث في مجال طقس الفضاء بمركز جودارد للطيران الفضائي التابع لوكالة «ناسا» في مدينة جرينبلت بميريلاند: "دون هذين الأمرين، لم نكن لنهتم بهذه المسألة كما نفعل الآن. لقد غيرت قواعد اللعبة حقًّا".

تعتزم «NOAA» الاستمرار في تنقيح تنبؤاتها كلما ظهرت أبحاث جديدة. وتتضمن التحسينات المحتملة دمج كيفية تأثير جيولوجيا الأرض تحت شبكات الطاقة على شدة العاصفة الشمسية؛ حيث يمكن للمجالات المغناطيسية المتذبذبة تحفيز التيارات الكهربائية للتدفق عبر الأرض، وهو ما يمثل مشكلات إضافية لخطوط التحويل. ويصف جيفري لوف ـ الباحث في المغناطيسية الأرضية بهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية في جولدن بكولورادو ـ هذا الأمر قائلًا: "الأمر برمّته معقد بشكل مذهل".

وفي أحدث ورقة بحثية لهم، يصف لوف وبولكينن وزملاؤهما الخريطة الأكثر تفصيلًا لهذه «المخاطر الجيوكهربائية» عبر جزء من الولايات المتحدة الأمريكية (J. J. Love *et al*. *Geophys. Res. Lett*. http://doi.org/bqpm; 2016). ومن بين المناطق التي تم مسحها حتى الآن، فإنّ المناطق المعرَّضة لأكبر المخاطر هي ولايتَا الغرب الأوسط العليا: مينيسوتا، وويسكونسن، حيث تحفِّز الجيولوجيا المعقدة للمنطقة تيارات كهربائية قوية.

ويقول راتليدج إن إضافة نماذج ثلاثية الأبعاد من هذه التيارات الأرضية سوف يحسِّن الجيل القادم من تنبؤات «NOAA»، ويضيف مؤكدًا: "إننا لم نصل إلى نهاية المطاف بعد على أي حال". ■

وراثة النبات

البذور السورية تنتقل إلى مسكن جديد

ستكون جينات النباتات القديمة في متناول أيدي العلماء مرة أخرى.

شاوني باتاشاريا

يحمل بنكٌ رئيس للبذور في حلب، سوريا، الجينات التي قد تساعد الباحثين في استنسال محاصيل؛ للنجاة من تغيُّر المناخ، ولكنّ الصراع الذي يمزق البلاد جعل البنك لا يمكن الوصول إليه بشكل كبير على مدار السنوات الأربع الماضية. والآن، بدأت محاولة لمضاعفة مجموعة بذور البنك تأتي بثمارها في مواقع يمكن الوصول إليها بسهولة أكبر.

في 29 سبتمبر الماضي، أَطْلَق المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة «ICARDA» ـ الذي يدير بنك البذور في حلب ـ رسميًّا بنكًا شقيقًا في تربل بلبنان، يستضيف الآن 30 ألفًا من البذور المكررة. هذا إلى جانب بنك جديد في الرباط بالمغرب، مما يوفر آلاف البذور في متناول أيدي الباحثين. ويقول أحمد العامري، رئيس الموارد الوراثية في محطة بحوث مركز ICARDA في الرباط: "إن الوضع في سوريا لم يسمح لنا بمواصلة الأنشطة الأساسية لدينا، وأنا سعيد أننا في ICARDA أثبتنا أنفسنا للعودة إلى وَضْعنا الطبيعي مرة أخرى".

تعمل بنوك البذور كحسابات مصرفية للجينات النباتية. ويقوم جامعو البذور بإيداعها، ويمكنهم بعد ذلك أن "يسحبوها" لسدّ النقص في المحاصيل المفقودة في النزاعات، أو الكوارث؛ لإدخال صفات جديدة في المحاصيل، مثل مقاومة الآفات، أو الحرارة، والبحث في تطوُّر النباتات عبر العصور.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ومجموعة ICARDA، التي تم الاحتفاظ بها كليًّا في وقت سابق في بنك البذور في حلب، ذات قيمة خاصة، نظرًا إلى أنها تهدف إلى تجميع البذور من المناطق الجافة في العالم. ويتضمن هذا الهلال الخصيب، الذي يمتد عبر أجزاء من شمال أفريقيا والشرق الأوسط، والقوقاز وغرب آسيا، والذي يُنظر إليه باعتباره مهد الزراعة الحديثة. تحتوي المجموعة على العديد من الأقارب البرية للمحاصيل الحديثة، مثل القمح، والشعير، والعدس، والجلبان المزروع.

ويقول العامري إنّ المركز يوفر للباحثين والمربين حوالي 20 ألف عينة في المتوسط كل عام، وأغلب المواد تذهب إلى الولايات المتحدة في المؤسسات الموجودة في ولايات «سلة خبز البلاد»، مثل جامعة كنساس، وجامعة داكوتا الشمالية. والعديد من الأصناف البرية من المناطق القاحلة لها صفات يمكن أن تساعد المحاصيل لمواجهة التحديات التي يفرضها تغيُّر المناخ، بما في ذلك المقاومة للجفاف، والحرارة، والآفات، والتكيف مع الملوحة.

ويقول ماريسيليس أسيفيدو ـ المدير المساعد لعلوم تسليم المكاسب الوراثية في مشروع القمح في جامعة كورنيل في إيثاكا، نيويورك ـ إن بنك الجينات في ICARDA يؤوي بذور القمح، التي هي نتاج لآلاف السنين من التكيف والانتقاء الطبيعي، مضيفًا: "لم يتم استخدام واستكشاف سوى كمية صغيرة فقط من التنوع الوراثي للقمح".

وعلى الرغم من أن معظم الموظفين غادروا موقع ICARDA في حلب في عام 2012، إلا أن القبو هناك في حالة سليمة، وفقًا لعملية التفتيش الأخيرة منذ ثلاثة أشهر، ولكن لم يعد إدخال وإخراج البذور يتم بسهولة.

تمت مضاعفة جميع البذور تقريبًا في بنك ICARDA سابقًا، وإرسالها إلى البنوك في أماكن أخرى، وعلى وجه الخصوص إلى قبو «سفالبارد» العالمي فائق التأمين للبذور في النرويج ـ المعروف أيضًا باسم "قبو يوم القيامة" ـ الذي أُنشئ لتقديم نُسَخ احتياطية من البذور المحفوظة في بنوك البذور في جميع أنحاء العالم، ولكن هذا الكنز الدفين ليس متاحًا للعلماء بسهولة. وعلى النقيض من ذلك، فإنّ المقصود من مجموعة ICARDA أن تكون أساسًا "نشطة"، وبعبارة أخرى، متاحة للمزارعين، والباحثين، والمربين.

في عام 2015، قام ICARDA بأول سحب للبذور من بنك «سفالبارد»، وهو يستخدمها الآن لتعزيز المخزون في تربل والرباط. وسوف يعيد ICARDA المخزونات إلى «سفالبارد»، وسوف يسحب عدة دفعات أكثر؛ لإعادة بناء كامل مجموعة حلب.

يقول موجنس هوفمولير ـ أخصائي أمراض النبات في جامعة آرهوس في الدنمارك، الذي يترأس المركز العالمي المرجعي للصدأ ـ إنّ مضاعفة المجموعة في بنوك للجينات تكون أسهل في الوصول إليها هو أمر حيوي. وقد شارك ICARDA في تأسيس المركز العالمي المرجعي للصدأ، وهو جزء من محاولة للحدّ من تعرُّض العالم لأمراض صدأ القمح الفتاكة.

ويقول مايكل فان سلاجارين، الذي عمل مع ICARDA منذ عام 1988 إلى عام 1994، ويعمل الآن في موقع الحدائق النباتية الملكية في كيو، واكيهورست، المملكة المتحدة: إنّ اختيار تربل كموقع "خطوة رائعة"، مشيرًا إلى أن تربل تقع في وادي البقاع في لبنان، الذي يوفر تدرُّجًا للظروف المناخية من المناطق شبه الصحراوية إلى المناطق عالية الأمطار، مما يجعله مثاليًّا لاختبار كيف تنمو البذور في النظم الإيكولوجية المختلفة.

قد تجلب هذه الخطوة المخاطر أيضًا، إذ يطلّ بنك الجينات على سلسلة جبال لبنان، التي تشكل جزءًا كبيرًا من حدود لبنان مع سوريا، وليست بعيدة عن الصراع. كما يستضيف وادي البقاع اللاجئين الفارّين من الحرب الأهلية.

HUSSEIN MALLA/AP

يوفر وادي البقاع اللبناني ثروةً من النظم الإيكولوجية (البيئية)، والآن يستضيف بنك بذور «إيكاردا» المتنامي.

المحصورون في مناطق النزاع

بَنْكان للبذور يقومان بمضاعفة مجموعة لا يمكن الوصول إليها الآن في حلب، سوريا، ولكن ليس لديهما القدرة على استضافة كل شيء.



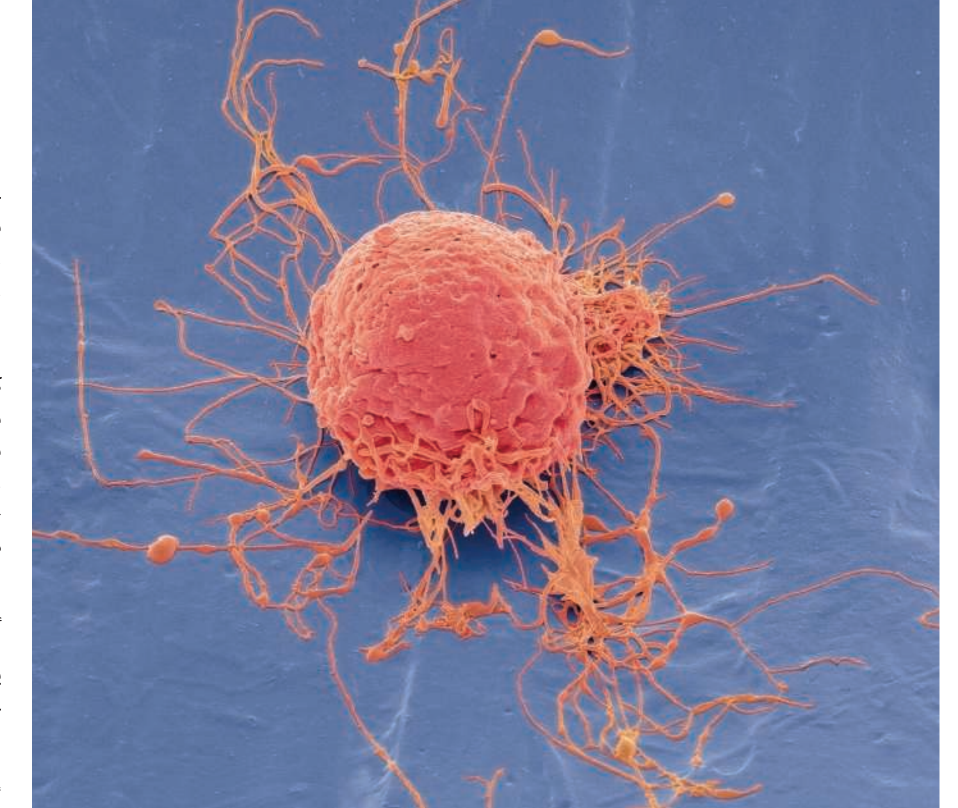
SOURCE: ICARDA

يفكر فان سلاجيرين مليًّا في احتمال أن يمتد النزاع إلى لبنان. ويقول: "يجب عليك أن تتساءل كيف أراحوا بَالَهُم". ويُلاحظ أنه عندما أُنشئ ICARDA في عام 1977، كان مقره في لبنان، ولكن تم نقله إلى سوريا؛ بسبب الحرب الأهلية اللبنانية.

وقد شكَّل التحرك الأخير أيضًا تحديات للموظفين. يقول العامري إن العديد من الأعضاء الذين عملوا لسنوات طويلة كانوا أقرب للتقاعد عندما غادر ICARDA سوريا، وبالتالي لم ينتقلوا إلى تربل. ولا يزال التمويل يشكل قضية، رغم أن ICARDA يتلقى مساعدة مالية ملحوظة مع الانتقال من مختلف الوكالات، بما في ذلك «اتحاد البحوث الزراعية الدولية» CGIAR، وهو مشارَكة عالمية تهدف إلى التخفيف من حدة الفقر والجوع.

إنّ القدرات الحالية لبنوك البذور في تربل والرباط ـ 100 ألف، و35 ألف بذرة، على التوالي ـ لن تصل إلى ما يكفي لمضاعفة كل البذور التي يصل عددها إلى 141 ألف بذرة، وهو ما يمثل نحو 700 نوع من الأنواع المحفوظة في حلب، ناهيك عن الاحتفاظ ببذور جديدة (انظر الشكل: 'المحصورون في مناطق النزاع').

لم تعطِّل الاضطرابات السابقة في لبنان محطة تربل الخاصة بـICARDA. يقول العامري بثقة: "لقد مررنا بعشرين عامًا من القتال، ولم تكن لدينا أدنى مشكلات"، ومع ذلك، يتحدث الرجل المغربي بحزن عن السنوات التي قضاها في العمل بسوريا، قائلًا: "لقد استمتعنا بحياتنا في حلب. إنها واحدة من أجمل الأماكن التي يمكن العيش فيها. لديها شعب رائع.. وبيئة جيدة للبحوث في ICARDA". ■



يتزايد استخدام الخلايا الجذعية في علاجات غير مثبَتة في عيادات بالولايات المتحدة الأمريكية.

STEVE GSCHMEISSNER/SPL

الطب الحيوي

قوانين العلاج بالخلايا تثير الجدل

توجيهات أمريكية جدلية تحاول ضبط عيادات الخلايا الجذعية المخادعة.

هايدي ليدفورد

قابل توماس ألبيني أُولَى مريضاته، التي أُصيبت بالعمى، نتيجة "علاج" بالخلايا الجذعية في العام الماضي. تلك السيدة المسِنّة، التي كانت مصابة بالتنكس البقعي، كانت تعتقد أنها تدفع أموالًا للمشاركة في تجربة إكلينيكية، مِن شأنها أن تنقذ بصرها، عن طريق حقن الخلايا الجذعية في كلتا العينين؛ لكنه بدلًا من ذلك، أفقدها البصر تمامًا.

وبحلول وقتٍ عالَج فيه امرأتين أخريين أصيبتا بالعمى، نتيجة للإجراء نفسه، أدرَك ألبيني ـ طبيب العيون في جامعة ميامي في فلوريدا ـ أن هناك مشكلة منهجية. تم إغراء السيدتين بنَشرةٍ في سجل للتجارب الإكلينيكية، رغم عدم وجود تجربة حقيقية تُذكَر؛ ولم تُعْطَيا أيًّا مِن الحقن مِن قِبَل طبيب. فقد زعمت العيادة التي تقدِّم الحقن أن هذا الإجراء لا يتطلب موافقة من إدارة الغذاء والدواء الأمريكية «FDA»، وأرجعوا جزءًا من السبب إلى كونهم يستخدمون خلايا المريض نفسه. في المجمل، صُدم ألبيني مما حدث.. "أيُّ قَدْر مِن المراجعة كان سيُفيد".

ومع انتشار العيادات المزعومة للعلاج بالخلايا الجذعية في جميع أنحاء الولايات المتحدة، يتعاظم الجدل حول ما إذا كان يتعين على إدارة الغذاء والدواء مراجعة مثل هذه العلاجات، أم لا، بيد أن لوائحها الحالية تطبَّق بشكل ضعيف، وتترك مجالًا لتفسيرات مختلفة. في الثامن من شهر سبتمبر الماضي، قام ألبيني بتقديم خبراته في ورشة عمل أعدَّتها إدارة الغذاء والدواء. وفي الأسبوع التالي، تدفَّق عشرات من الباحثين، والشركات، ودُعَاة حماية المريض على بيثيسدا بولاية ميريلاند؛ لحضور جلسة استماع علنية، أقامتها الإدارة أيضًا. وكان من المتوقع أن يبالغ كثير من الحضور في وصف مزايا العلاج بالخلايا الجذعية غير المثبَت، وأن يصرُّوا على حقّ الناس في الحصول على مثل هذه العلاجات. وتجاوبًا مع الاهتمام الجماهيري الكبير، قامت إدارة الغذاء والدواء بمَدّ جلسة الاستماع تلك إلى يومين، بدلًا من يوم واحد، ونقلت مكان انعقادها إلى قاعة أكبر.

كان مِن المقرر أن يركِّز النِّقاش على المقترحات المقدَّمة من قِبَل الإدارة، التي تهدف إلى القيام بشكل أفضل بتحديد العلاجات الخلوية التي تحتاج إلى قوانين صارمة. وفي حال اعتمادها، يمكن لهذه التوجيهات المثيرة للجدل أن تشمل جزءًا كبيرًا من عيادات العلاج الخلوي، التي تَدَّعي أنها تقع ـ إلى حد كبير ـ خارج نطاق سيطرة إدارة الغذاء والدواء.

وقد ازدهرت الصناعة الناشئة في ظل غياب إشراف صارم. وكشفت دراسة حديثة حول عيادات الخلايا الجذعية ـ التي تنشر إعلاناتها على شبكة الإنترنت ـ عن 570 من تلك المراكز العاملة في الولايات المتحدة (L. Turner and P. Knoepfler *Cell Stem Cell* **19**, 154–157; 2016).

وبموجب لوائح إدارة الغذاء والدواء، يتعين على هذه العيادات إعداد وتخزين علاجاتها بأمان، كما أن مَرافقها عرضة لحملات رقابة وتفتيش متفرقة، إلا أنّ عيادات عديدة تعمل أيضًا على افتراض أنها ليست بحاجة الى موافقة الإدارة؛ للقيام بإجراءاتها، وأنها غير مضطرة لإجراء التجارب الإكلينيكية التي تطالِب بها الإدارة عادةً؛ لإثبات أن أحد العلاجات يعمل بالفعل. وبالفعل، تنصّ اللوائح على أن العيادات ليست بحاجة إلى موافقة الجهات التنظيمية، إذا كانت هذه العلاجات تنطوي على "الحدّ الأدنى من التلاعب" بالخلايا، بحيث لا تغيِّر خصائصها بشكل جوهري، وكانت تلك الخلايا تحقِّق وظيفة «متجانسة» مشابِهة لدورها الأصلي في الجسم، لكنّ التعريفَين الدقيقين لمصطلحي «الحد الأدنى من التلاعب»، و«الاستخدام المتجانس» مثيران للجدل.

صدرت سلسلة من أربع مسودات لإرشادات وَضَعَتْها إدارة الغذاء والدواء في عامي 2014، و2015، تناولت ذلك الغموض، من خلال تقديم أمثلة ملموسة عمّا مِن شأنه أن يحفِّز مزيدًا من الإشراف من قِبَل الإدارة. وبعد طلب تعليق عام، ستقرِّر الإدارة ما إذا كانت ستعدِّل المقترحات؛ لتضع اللمسات الأخيرة عليها، أم لا.

ليس جميعُ الناس راضين عن النتائج حتى الآن. ويبدي أرنولد كابلان ـ الذي يدرس الطب التجديدي في جامعة كيس ويسترن ريزيرف في كليفلاند بأوهايو ـ قلقه من أن الإدارة ستبدأ بطلب موافقات على العلاجات التي تُعتبر الآن قياسية، بما في ذلك استخدام دهون منطقة البطن؛ من أجل إعادة بناء الثدي، بعد استئصاله.

كما يبدي آخرون قلقهم من أن الإرشادات ستجعل مسألة إيصال الاكتشافات إلى السوق أكثر صعوبة. يقول كيث مارش، أخصائي أمراض القلب في جامعة إنديانا في إنديانابوليس، الذي حضر جلسة الاستماع العلنية: "مِن المحتمل أن تتسبب في إبطاء الترجمة «العملية» في كثير من الأحيان"، ويضيف: "إننا بحاجة إلى إدراك ذلك".

هل تأخرنا كثيرًا؟

على أي حال، بعض الباحثين سعداء بأن إدارة الغذاء والدواء تعمل على المسألة، فمثلًا، تتحدث جين لورينج ـ الباحثة في الخلايا الجذعية في معهد سكريبس للأبحاث في لاهويا بكاليفورنيا ـ هي ومختبرها مع الإدارة بشأن بدء اختبارات إكلينيكية لعلاج مرض باركنسن بالخلايا الجذعية. وتقول: "إنهم يحرصون على التأكد من أننا على دراية كاملة بما نفعل".

وحتى لو أَتَمَّت الإدارة المقترحات، من غير الواضح ما هو نوع الأثر الذي ستُحْدِثه القوانين الموضوعة، كما يقول ليه تيرنر، المتخصص في الأخلاقيات البيولوجية بجامعة مينيسوتا في مينيابوليس. فعيادات الخلايا الجذعية أكثر رسوخًا من أن تتم ملاحقتها بإرشادات إدارة الغذاء والدواء، كما يقول. ويضيف: "السؤال الحقيقي هنا هو ما إذا كانت الإدارة سترسل مفتشين ورسائل تحذيرية، أم لا".

وبالنسبة إلى ألبيني، فالإرشادات المقترحة من قِبَل الإدارة ليست الحلّ الأمثل، لكنها على الأقل خطوة في الاتجاه الصحيح. قد لا يُعرف يقينًا مطلقًا السبب وراء إصابة مرضاه بالعمى إثر تَلَقِّي العلاج، وهو يعترف أن الإرشادات الأكثر وضوحًا ـ وتنفيذها بصرامة أشدّ ـ لن يمنع حدوث أي مأساة من هذا القبيل مستقبلًا. كما أنهم لن يتمكنوا من منع بعض العيادات من استدراج بعض المرضى، تحت ستار إجراء التجارب الإكلينيكية، لكنْ لكل خطوة دور. يقول ألبيني: "كلما وضعت مزيدًا من العقبات التنظيمية في طريق مَن يريد استخدام مصطلح «البحث» للتسويق؛ كان الوضع أفضل حالًا". ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بحوث طبية

خطة بتكلفة ثلاثة مليارات دولار لشفاء الأمراض

مبادرة تشان زوكربرج ستَستثمِر ريع أسهم شركة «فيس بوك».

إريكا تشيك هايدن

إنّ مارك زوكربرج ـ المؤسِّس المشارك لشركة «فيس بوك» ـ وزوجته الطبيبة والمربية بريسيلا تشان لَيْسَا أول مَن يحاول اختراق المجال العلمي مِن بين أصحاب المليارات. لقد عمل الزوجان على حشد «فريق الأحلام» المؤلَّف من قادة في المجالات العلمية؛ للإشراف على الجهود الرامية إلى تعزيز البحوث الأساسية، بتكلفة ثلاثة مليارات دولار أمريكي.

قبل أن يكشف الزوجان عن خطة المبادرة في يوم 21 سبتمبر، صرحت تشان لدورية *Nature* قائلة: "نحن نرى أن هذا العمل سيُنجَز بقيادة وتنفيذ العلماء". أنشأت تشان المبادرة هي وزوجها في شهر ديسمبر الماضي، مستثمِرَين ريع حصصهما في شركة «فيس بوك» لدعم قضايا معينة، مثل التعليم، وبحوث الصحة، والاتصال بالإنترنت.

وضع زوكربرج وزوجته أمام ناظريهما هدفًا جريئًا: وهو الوصول إلى شفاء من جميع الأمراض، أو الوقاية منها، أو معالجتها، والتعامل معها في نهاية القرن الحالي. يعتزم الزوجان تحقيق هدفهما هذا عبر إقناع فِرَق عمل تملك خبرات متنوعة؛ للتعاون فيما بينها على تطوير أدوات وتقنيات حديثة، وهو ما يرى العلماء أن هناك حاجة مُلِحَّة إليه. سيغطي مبلغ المليارات الثلاثة ـ الذي أُعلِن عنه اليوم ـ السنين العشر الأولى من مدة عمل المشروع. وقد أفصح زوكربرج لدورية *Nature* عن أن "بناء الأدوات يتطلب جمْع أعداد كبيرة من العلماء والمهندسين لفترات طويلة، وهذا أمر لا تستطيع معظم برامج تمويل العلوم توفيره". وأضاف: "برزت لدينا هذه الفكرة كفرصة هائلة، نستطيع من خلالها المساعدة في تنمية هذا التحرك لدى ممولين آخرين للعلوم".



سَدّ الثغرات

تتخذ هذه المبادرة نهجًا يُنَاقِض بشدة بعض الجهود التي تقودها «سيليكون فالي» لتجديد العلوم. ومثال على ذلك.. شركة «ألفابت» Alphabet ـ الشركة الأم لشركة «جوجل» ـ التي تحرس بحذر شركات البحوث الطبية الحيوية الخاصة بها، بما في ذلك شركة «فيريلي» Verily لعلوم الحياة، والشركة المختصة ببحوث الوقاية من الشيخوخة «كاليكو» Calico؛ التي دفع إنشاؤها مجلة «التايم» TIME إلى طرح السؤال: "هل تستطيع «جوجل» أن تجد حلًّا للموت؟"

يقول إريك لاندر ـ رئيس مؤسسة «برود»، التابعة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وهارفارد في كمبريدج بماساتشوستس، وواحد من عشرات العلماء الذين أخذ الزوجان استشارته خلال العام المنصرم ـ إنّ تشان وزوكربرج "وضعا هدفًا قد يفزعك في البداية، ثم تساءلا عن الأجزاء الناقصة، التي يحتاجان إليها؛ للوصول إلى الهدف". ويضيف: "أنا متأكد أنّ الأمر سيربك الكثيرين ويجعلهم يتساءلون: هل حقًّا نستطيع تحقيق ذلك؟".

تتضمن خطط الزوجان إشراك علماء بارزين. فمثلًا، سيصبح كوري بارجمان ـ عالِم الأعصاب، والمخطِّط لإسهامات معاهد الصحة الوطنية الأمريكية «NIH» في مبادرة الحكومة الأمريكية «برين» BRAIN - رئيسًا للعلوم في المبادرة. كما قام الزوجان أيضًا باستشارة لفيف من علماء الأحياء البارزين الآخرين، ومن بينهم: فرانسيس كولينز، مدير معاهد الصحة الوطنية، وآرثر ليفينسون، الرئيس التنفيذي لشركة «كاليكو» التابعة لـ«جوجل»، والرئيس التنفيذي السابق لشركة التكنولوجيا الحيوية «جينينتيك» Genentech. ومن بين أعضاء اللجنة العلمية الاستشارية للمشروع، الرئيس الفخري لجامعة برينستون شيرلي تيلمان، وهارولد فارموس عالِم الأحياء المتخصص في السرطان، والحائز على جائزة «نوبل».

يقول بارجمان إنّ المنظمة تنوي إنشاء «شبكات تَحَدٍّ» مكوَّنة من علماء في تخصصات متداخلة من مؤسسات مختلفة. وسيعكف العلماء على العمل على مشكلات محددة، مثل التنكس العصبي، ما قد يتطلّب إسهامات من مختصين في علم الأحياء الأساسي وأطباء ومهندسين. كما أنشأت المبادرة أيضًا «مركز تشان زوكربرج الحيوي»، وهي بمثابة مشارَكة مع جامعة ستانفورد في كاليفورنيا، وجامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو (UCSF)، وجامعة كاليفورنيا في بيركلي، وتبلغ قيمتها 600 مليون دولار أمريكي، وتستمر لعشر سنوات. ويقود هذه الجهود جوزيف دي ريسي المتخصص في الكيمياء الحيوية بجامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو، وستيفن كويك، المهندس البيولوجي من جامعة ستانفورد.

سيركِّز المركز الحيوي في البداية على إنشاء أطلس للخلايا البشرية، يَستخدِم تقنيات معينة، مثل التسلسل الجيني للخلايا المفردة، والتحرير الجيني لفحص الخلايا بتفاصيل دقيقة جدًّا. كما سيعمل أيضًا على تطوير طرق جديدة؛ للكشف عن الأمراض المعدية، والاستجابة لها، وعلاجها، والوقاية منها.

مشاركة المعرفة

يأمل بارجمان في الاستفادة من جذور المشروع الموجودة في «سيليكون فالي»؛ من أجل التطرق إلى قضايا معينة، مثل شح الأدوات التي بالإمكان تمديدها؛ ليتسنى استخدامها بشكل واسع عبر المجالات المختلفة. يقول بارجمان: "في معملي، بات كل شخص الآن يكتب كوده الخاص.. وكأنّ كلًّا منهم يصنع وَصْفَته الخاصة". ويضيف: "علينا أن نجد سبلًا عامة وقوية للقيام بذلك، تتيح لنا التفاعل مع بعضنا البعض، ومشاركة ما نتوصل إليه من معرفة فيما بيننا".

اعتمدت شركات «سيليكون فالي» بشدة على بعض مجالات الخبرة العلمية، وقامت بجذب مواهب في مجالات معينة، مثل تعلُّم الآلات. كما قامت شركة «فيريلي» بتعيين أبرز الباحثين في مجالات الطب الحيوي؛ للعمل على أفكارٍ مثل مشروع «بيزلاين ستادي» Baseline Study، وهو مشروع طولي متعلق بالصحة، أُطلقت المرحلة التجريبية منه في عام 2014؛ إلا أن الشركة لم تنشر أي بيانات عن هذا المشروع، ولم يصرِّح الباحثون في «فيريلي» بالكثير عن عملهم للجمهور.

يقول دي ريسي إنّ المركز الحيوي ـ على النقيض من ذلك ـ سيعمل على نشر البيانات على أوسع نطاق ممكن، وبأسرع وقت ممكن. كما يُؤمِّل في هذه المبادرة تفادي بعض المعوقات الإدارية التي تعوّق إنتاجية العلماء. فمثلًا، سيكون تقديم طلبات مِنَح الباحثين الأفراد أكثر بساطة من الطلبات الخاصة بمعاهد الصحة الوطنية.

كما ستُخصّص بعض المنح للعلماء غير المثبَّتين وظيفيًّا، بحيث لا يتنافس الباحثون مع زملائهم الأعلى منهم في المركز الوظيفي. وسينشئ المركز الحيوي أيضًا بعض المواقع القيادية في المختبرات للباحثين الذين لا يرغبون في تعليم آخرين، أو إعداد طلبات التمويل.

ويتوقع لاندر ترحيب العلماء الشباب تحديدًا ـ المتحمسين، كما يقول، للعمل بتعاون أكبر ـ بمثل هذه الخطوات. ويقول: "الباحثون الشباب متحمسون جدًّا لاكتشاف سبل العمل المشترك فيما بينهم؛ لكنْ حتى الآن، لم تُوجَد هناك وسائل كثيرة لدعم مثل هذه الأساليب". ■

وللاطلاع على نسخة مطوَّلة من هذا المقال، انظر: go.nature.com/2dzc018



زوجان يمضيان نحو هدف جريء.

DANIEL ACKER/BLOOMBERG VIA GETTY



NASA

بيانات التليسكوب «جايا» ستساعد في قياس مسافات «الشموع القياسية»، مثل «آر. إس. بَب» RS Pup (مركز الصورة).

مركبة جايا الفضائية

خريطة المَجَرَّة ستغيِّر علم الفَلَك

سوف تُلْقِي البيانات الضوءَ على كواكب خارج المجموعة الشمسية، وعلى عِلْم الكون، وعلى الكثير مما في الوجود.

ديفيدي كاستلفيكي

يَختبِر علماء الفلك حول العالم أداة تَحَوُّلية للمرة الأولى. ففي الوقت التي ذهبت فيه *Nature* إلى المطبعة، كان مِن المقرر في 14 سبتمبر الماضي أن يقدِّم التليسكوب الفضائي «جايا» ـ التابع لوكالة الفضاء الأوروبية ـ خريطته الأولى لمَجَرّتنا درب التبانة. بدايةً، سيعرض دليلًا مصوَّرًا للمواقع ثلاثية الأبعاد لـ2,057,050 نجمًا وجُرْمًا سماويًّا، والتغير الذي اعترى تلك الأجرام على مدار عقدين، وسيصل في النهاية إلى عرض مليار جرم، أو أكثر.

من المتوقع أن يشتمل الإصدار على 19 ورقة بحثية من تأليف فلكيِّي «جايا»، الذين اطّلعوا على البيانات. ومن الممكن أن تنشر فِرَق مستقلة حوالي 100 ورقة بحثية في الأسابيع التالية لإصدار مسودة الدليل، حسب ما يقوله لينارت ليندیجرين، الفلكي بمرصد لوند في السويد، وأحد القوى الدافعة لـ«جايا».

يقول ديفيد هوج، عالِم الفلك بجامعة نيويورك: "ستغيِّر «جايا» ما نعرفه عن المَجَرّة والنجوم تغييرًا جذريًّا". يقود هوج وآخرون فعاليات (قرصنة جايا) التي ستحاول استغلال اندفاع البيانات. إذَن، ما هي الاكتشافات المحتملة؟

عِلْم آثار درب التبانة

سيكشف عرض «جايا» ثلاثي الأبعاد عن كيفية تحرُّك النجوم تحت تأثير قوة الجذب المركَّبة لمَجَرّة درب التبانة، مما سيضيف إلى معرفتنا بِبِنْيَة المَجَرّة، بما في ذلك تلك الأجزاء التي لا يمكن رؤيتها من الأرض مباشرة، مثل «القضبان» التي تربط بين مركز المَجَرّة، وأطرافها الحلزونية. وسيصبح الباحثون قادرين أيضًا على التعرف على النجوم النائية، التي تنطلق جنبًا إلى جنب بسرعات عالية، والتي يُعتقد أنها بقايا تخلَّفت عن اندماجات مع مَجَرّات أصغر، حسب قول مايكل بيريمان، من كبير علماء «جايا» السابقين بوكالة الفضاء الأوروبية. وبإضافة هذا إلى بيانات ألوان النجوم، ودرجات حرارتها، وتركيبها الكيميائي، سيتمكن الباحثون من إعادة بناء (عِلْم آثار) المَجَرّة على طول 13 مليار سنة مضت.

أين مادة المَجَرّة المظلمة؟

ستكشف تفاصيل مسارات النجوم عن توزيع المادة المظلمة في درب التبانة، التي تشكِّل الجزء الأكبر من المادة في الكون. وقد يساعد ذلك في الكشف عن ماهيّة المادة المظلمة.

قد تُخْضِع «جايا» أيضًا بعض النظريات الغريبة للاختبار. فعلى سبيل المثال.. تتنبأ «موند» MOND (ديناميكا نيوتن المعدلة) بمجال تثاقلي للمَجَرّة، يختلف مع نظرية المادة المظلمة القياسية؛ وستكون قياسات «جايا» لسرعات النجوم قادرة على ترجيح كفة أحد التقديرين. وقد يساعد المسبار في الكشف عمّا إذا كانت المادة المظلمة قد قتلت الديناصورات، أم لا، كما أشارت نظريةٌ في عام 2013.

المسافات النجمية الخلافية

ستوفر «جايا» القياسات الدقيقة للمسافات الفاصلة بين النجوم المستقلة، والشمس.

إحدى أولى المجموعات النجمية التي يريد الباحثون فحصها هي «الثريا» Pleiades، وهي حشد نجمي في كوكبة الثور. تضع غالبية الأرصاد - بما في ذلك ما رصده تليسكوب هابل الفضائي - الحشد على مسافة حوالي 135 فرسخًا فلكيًّا (440 سنة ضوئية) (D. R. Soderblom *et al*. *Astron*. *J*. **129**, 1616–1624; 2005)، لكن النتائج المبنية على بيانات «هيباركوس» ـ مهمة وكالة الفضاء الأوروبية التي سبقت «جايا» ـ تشير إلى أنها تبعد 120 فرسخًا فلكيًّا فقط (F. Van Leeuwen *Astron*. *Astrophys*. **497**, 209–242; 2009).

يثير الفارق بعض الشك في نتيجة هيباركوس. ويستخدم «جايا» طريقة مشابهة، ولكنها أكثر تطورًا بكثير من نظيرتها السابقة، ولذلك يترقب الفلكيون نتائجه عن كثب.

عوالم جديدة

اكتشف علماء الفلك الآلاف من الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى، في الغالب بواسطة رصد الانخفاضات الطفيفة في شدة سطوع النجم، عندما يمر الكوكب الذي يدور حوله أمامه. وبدلًا من ذلك، سيتتبع «جايا» الكواكب بواسطة رصد التذبذبات الطفيفة في موقع النجم، التي تسبِّبها قوة جذب الكوكب التابع له.

تُعَدّ تقنية «جايا» هي المثلى في حالة رصد الكواكب الكبيرة في المدارات الواسعة نسبيًّا، حسب قول أليساندرو سوزيتي، باحث «جايا» بمرصد تورينو للفيزياء الفلكية في إيطاليا. وعلى عكس الطريقة الأكثر شيوعًا المعتمِدة على عبور الكوكب بين الأرض والشمس، فإنها تقيس كتلة الكوكب مباشرة. وإذا نجحت؛ سيكون ذلك بمثابة تصحيح جذري للمسار، بالنسبة إلى تقنية شهدت بدايات خاطئة عديدة، لكن الأمر سيتطلب عدة أعوام من الرصد، يُتوقع أن تطرح ثمارها الأولى بحلول عام 2018، كما يقول سوزيتي.

ما هي سرعة التمدُّد الكوني؟

يستكشف «جايا» درب التبانة، ولكن تأثيره يمتد إلى الكون الأوسع. ولتقدير المسافة بيننا وبين المَجَرّات البعيدة، عادةً ما يستعين الفلكيون بانفجارات نجمية تُدعى «مستسعرات نجمية من الفئة الأولى أ» Ia supernovae. يكشف السطوع الظاهري للانفجارات عن مدى ما يبعد تلك الانفجارات ومَجَرّاتها. ولطالما كانت تلك «الشموع القياسية» الأداة الأساسية لتقدير معدَّل تمدُّد الكون، وقد أدَّت إلى افتراض علماء الفلك أن هناك «طاقة مظلمة» غامضة تسرع من هذا التمدد.

تعتمد الطريقة على عَقْد مقارنات بين أنواع أخرى من الشموع القياسية في درب التبانة. وفي إصداره الأول، سوف يقيس «جايا» المسافات للآلاف من تلك النجوم؛ قياسات قد تحسم في النهاية التقديرات المتضاربة لمعدل التمدد الكوني.

تهديدات الكويكبات الخفية

أثناء قيامه بمسح السماء، مِن المتوقع أن يكتشف «جايا»

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المئات من الكويكبات داخل المجموعة الشمسية، حسبما يقول عالِم الفلك في «جايا»، باولو تانجا، من مرصد كوت دازور في نيس، بفرنسا. وعندما يكتشف «جايا» جرمًا قريبًا من الأرض، وليكن كويكبًا يضعه مداره ضمن مسافة تبلغ حوالي 200 مليون كيلومتر من الأرض، يمكن لـ«جايا» أن ينبِّه المراصد؛ كي تستخدم التليسكوبات الأرضية لتحديد ما إذا كان الجرم يمثل تهديدًا، أم لا. يقول أنتوني براون ـ الفلكي بمرصد ليدن في هولندا، ورئيس اتحاد معالجة بيانات «جايا» ـ إن «جايا» سوف يمسح السماء بأكملها تقريبًا، وقد يكشف عن أجرام تكون ـ في أوقات معينة ـ قريبة جدًّا من الشمس، بحيث لا يمكن رصدها من الأرض، كما ستمكِّن مسارات الكويكبات «جايا» من إجراء اختبارات حساسة للنظرية النسبية العامة. ■

للحصول على نسخة أطول من هذا الموضوع، انظر: go.nature.com/2cy81uy

علم الأحياء

الحمض النووي يكشف عن أربعة أنواع من الزراف

اكتشاف يمكن أن يعيد توجيه جهود المحافظة على حيوانات الزراف الأثيرة.

كريس وولستون

يُوجَد سِرٌّ لدى واحد من أكثر الحيوانات الأفريقية الأثيرة، إذ يشير تحليل وراثي إلى أن الزراف ليس نوعا واحدًا، بل أربعة، وهو اكتشاف يمكن أن يغيِّر الطرق التي يتبعها علماء المحافظة على الأنواع في حماية حيوانات الزراف.

سبق أن قَسَّمَ الباحثون الزراف إلى عدة سلالات، اعتمادًا على أنماط تلوُّن جلدها، والمكان الذي تعيش فيه، غير أن الفحص الدقيق لجينات الزراف يكشف عن أنها يجب أن تُقَسَّم بالفعل إلى أربعة أنواع مختلفة، لا يحدث بينها تَزاوُج في البرية، حسبما أفاد علماء في بحث نُشر في يوم 8 سبتمبر في دورية «كارانت بيولوجي» *Current Biology*[1]. وقد كشفت دراسات وراثية سابقة[2] عن وجود مجموعات مبعثرة من الزراف، لم تختلط إلا نادرًا، لكن هذه هي الدراسة الأولى التي تكشف عن وجود اختلافات على مستوى النوع، كما يقول المؤلف الرئيس للبحث، أكسل يانكه، وهو عالِم وراثة في جامعة جوته بفرانكفورت، ألمانيا. "كان اكتشافًا مدهشًا"، حسب قول يانكه، مشيرًا إلى أن الزرافات كثيرة التحرك، وأنها حيوانات تنتشر على مساحات كبيرة، بما قد يتيح لها فرصًا كثيرة للتزاوج الداخلي، إذا رغبت في ذلك. يقول يانكه: "السؤال الذي يساوي مليون دولار هو: ما الذي أبقى هذه الحيوانات بعيدةً عن بعضها البعض في الماضي"، ويُخَمِّن أن الأنهار أو الحواجز الطبيعية الأخرى هي التي حافظت على مجموعات منفصلة لفترات طويلة بما يكفي لنشوء أنواع جديدة.

اجترار الأفكار حول الحيوانات المجترة

تتبعت الدراسة انتشار 7 تسلسلات جينية محددة ـ تم اختيارها لقياس التنوع الجيني ـ في الحمض النووي المأخوذ من أنوية عينات نسيجية من 190 زرافة. حللت الدراسة أيضًا الحمض النووي المأخوذ من ميتوكوندريا تلك الحيوانات. وتَبيَّن أن التسلسلات تنقسم إلى أربعة أنماط محددة، تشير بقوة إلى أنواع مختلفة. ويقول يانكه إن الأنواع الأربعة يختلف أحدها عن الآخر بقدر اختلاف الدب البني (*Ursus arctos*) عن الدب القطبي (*Ursus maritimus*). ويقترح الباحثون أن يُستَبدَل باسْم النوع الحالي (*Giraffe camelopardalis*) أربعةُ أسماءٍ جديدة، هي: الزرافة الجنوبية (*G. giraffa*)، التي توجد في جميع أنحاء جنوب أفريقيا وناميبيا وبوتسوانا، وزرافة ماساي (*G. tippelskirchi*) الموجودة في تنزانيا وكينيا وزامبيا، والزرافة الشبكية (*G. reticulate*) التي توجد في كينيا والصومال وجنوبي إثيوبيا، والزرافة الشمالية (*G. camelopardalis*)، التي توجد مبعثرة في وسط وشرقي أفريقيا، ليتبقَّى بذلك نوع فرعي واحد، هو الزرافة النوبية (*G. camelopardalis camelopardalis*) التي توجد في إثيوبيا، وجنوب السودان.

يقول جورج أماتو، وهو عالِم أحياء متخصص في حماية الأنواع بالمتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي في مدينة نيويورك، الذي أجرى بحوثًا مكثفة على الوراثة في الحياة البرية الأفريقية: "إن هذه الدراسة مقنعة إلى حد ما، وأنا أُثَمِّن العلم وما يضيفه إلى فَهْمنا للجغرافيا الحيوية الأفريقية".

وحسب قول يانكه، فإن هذه الاكتشافات تتضمن ما يمكن أن يخدم الحفاظ على الأنواع، فكل أنواع الزراف تجب حمايتها، مع إعطاء اهتمام خاص للزرافات الشمالية والشبكية، فكلا النوعين يضم أقل من عشرة آلاف زرافة. ولقد انخفض العدد الكلي للزرافات من أكثر من 140 ألفًا في تسعينات القرن الماضي إلى أقل من 80 ألفًا اليوم، والسبب غالبًا هو فقدان الموائل، وكثافة الصيد، وذلك طبقًا لما تقوله مؤسسة الحفاظ على الزراف، بيد أن الاستفادة من هذه الاكتشافات بتوجيه جهود المحافظة على الأنواع قد تكون صعبة، لأنه ليس واضحًا دائمًا كيف يمكن أن تقود المعرفة القرارات الخاصة بحماية الحيوان. يقول آرون شيفر، وهو عالِم وراثة بجامعة ترِنْت في بيتربورو بكندا: "إننا حتى الآن لسنا قادرين على تقدير قوة علوم الجينوم في مجال الحفاظ على الأنواع".

استيضاح الأمور

يشير أماتو إلى التشابه القوي بين حالة الزراف، وحالة الفيلة الأفريقية، التي ظلت تُصَنَّف على أنها نوع واحد، إلى أن وَفَّرَت دراسة[3] نُشرت عام 2010 دليلًا وراثيًّا على أن هناك في الحقيقة نوعين من الفيلة: فيلة الغابة (*Loxodonta cyclotis*)، وفيلة السافانا (*Loxodonta africana*)، وهو الاكتشاف الذي عزَّز مطالب توفير حماية إضافية لفيلة الغابة، النوع الأندر بين الاثنين، غير أن تقديرات الاتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة ما تزال تتعامل مع هذه الحيوانات على أنها نوع واحد، بسبب الخشية من أنْ يؤدي تقسيمها إلى نوعين إلى وضع الأفيال الهجينة في منطقة ضبابية فيما يخص جهود الحفاظ على الفيلة.

لقد كانت الأدلَّة على أن كثيرًا من مجموعات الثور الأمريكي (*Bison bison*) التي تحمل القليل من الحمض النووي للماشية المدجنة[4] مثيرة للمخاوف حول ما إذا كان إنقاذ القطعان الملوثة يستحق العناء، أم لا، نظرًا إلى أن تلك القطعان لم تكن بَرِيَّةً تمامًا. وقد أقام أماتو وعلماء أحياء آخرون الحجة على أن هذه الحيوانات ما تزال تستحق الحماية، حيث يقول أماتو: "إنها ثيران تؤدي وظيفتها البيئية بفاعلية".

وكما يقول أماتو، فليس واضحًا ما إذا كانت هذه الدراسة ستصبح ذات تأثير في مجال المحافظة على الزراف، أم لا. ويمكن أن يكون أسرع هذه التأثيرات ملموسًا في حدائق الحيوان التي تقوم بمبادلة الحيوانات الثديية لأغراض التناسل، فلقد عرف الباحثون الآن أنواعًا عديدة، ومن ثم يمكن أن يسهِّل ذلك على القائمين على حدائق الحيوان أن يعثروا على الحيوانات المناسبة.

لقد كان ممكنًا أن يتم اكتشاف هذه الأنواع من الزراف في وقت سابق، لكن العِلم أهمل هذه الحيوانات. يقول أماتو: "لقد كانت الزرافات كثيرة ومنتشرة نوعًا ما في بيئاتها، ولم تكن تمثل هدفًا ثمينًا للصيادين"، ويضيف: "إنها حيوانات أثيرة، لكنها لم تُعامَل المعاملة الواجبة للحفاظ عليها". ■

JOEL SARTORE/NGC/GETTY

زرافةٌ شبكيّةٌ في حديقة حيوان جلاديس بورتر في براونسفيل، تكساس.

1. Fennessy, J. *et al. Curr. Biol.* http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2016.07.036 (2016).
2. Brown, D. M. *et al. BMC Biol.* **5,** 57 (2007).
3. Rohland, N. *et al. PLoS Biol.* **8,** e1000564 (2010).
4. Hedrick, P. W. *J. Hered.* **100,** 411–420 (2009).

كيف تنشئ عبقريًّا

دراسة طويلة الأمد على أطفال استثنائيين ترسم الطريق لإعداد علماء يقودون القرن الواحد والعشرين.

توم كلاينس



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

في أحد أيام صيف عام 1968، التقى البروفيسور جوليان ستانلي بمراهق عبقري، عمره 12 عامًا، واسمه جوزيف بيتس، إلا أن علامات الملل كانت واضحة عليه. كان ابن مدينة بالتيمور متميزًا بشكل ملحوظ عن زملائه في الرياضيات، الأمر الذي حفّز والديه للترتيب له؛ للالتحاق بدورة لعلم الحاسبات في جامعة جونز هوبكنز، حيث يُدرِّس ستانلي. لم يكن ذلك كافيًا؛ فبعد أن تفوّق على بقية زملائه الأكبر منه سنًّا، ظل الطفل منشغلًا بتعليم لغة البرمجة «فورتران» FORTRAN لطلاب الدراسات العليا.

وبعد أن غلبت الحيرة مدرِّس الحاسب الآلي بشأن ما يجب فعله مع بيتس، هداه عقله إلى أنْ يذهب به إلى ستانلي، وهو باحث له باع طويل في مبحث القياس النفسي؛ أو دراسة الأداء الإدراكي. ولاكتشاف المزيد عن موهبة المعجزة الصغير، أعطى ستانلي بيتس مجموعةً من الاختبارات، شملت اختبار الكفاءة الدراسية (SAT)؛ ذلك الاختبار الذي عادةً ما يخوضه الطلاب الذين تتراوح أعمارهم بين 16، و18 عامًا، قبل الالتحاق بجامعات الولايات المتحدة.

حقَّق بيتس في الاختبار درجة فاقت بكثير الحد الأدنى للقبول في جامعة جونز هوبكنز، مما دفع ستانلي إلى البحث عن مدرسة ثانوية محلية تسمح للطفل بالالتحاق بفصول متقدمة في الرياضيات والعلوم. وبعد أن باءت محاولته بالفشل، أقنع ستانلي أحد العمداء في جامعة جونز هوبكنز بأن يسمح لبيتس ـ البالغ من العمر 13 عامًا آنذاك ـ بالالتحاق بالجامعة.

نظر ستانلي إلى بيتس بحماس على أنه «أول طالب» في دراسته المعنية بالشباب النابغين في الرياضيات (SMPY)، التي من شأنها أن تُحْدِث طفرة في طريقة اكتشاف الأطفال الموهوبين ودعمهم في نظام التعليم الأمريكي. وفي أطول مسح طوليّ حاليّ للأطفال الموهوبين فكريًّا، تتبعت دراسة SMPY لمدة 45 عامًا الإنجازات والحياة المهنية الخاصة بما يقرب من خمسة آلاف فرد، منهم مَن أصبح من العلماء المرموقين. وقد أسفرت بيانات الدراسة المتدفقة عن أكثر من 400 ورقة بحثية، بجانب العديد من الكتب، وقدّمَتْ أفكارًا رئيسة لسبل اكتشاف المواهب وتطويرها في مجال العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات (STEM) وغيرها من المجالات.

صرّحت كاميلا بينبو ـ معاونة ستانلي، التي تشغل الآن منصب عميد كلية التربية والتنمية البشرية بجامعة فاندربيلت في ناشفيل بولاية تينيسي ـ قائلة: "رغب جوليان في معرفة كيفية اكتشاف الأطفال أصحاب القدرات التي تؤهلهم للتميز فيما يُطلق عليه مجال العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM)، وكيف يمكن تعزيز فرصة تحقيقهم لأكبر استفادة من هذه الإمكانات"، لكن ستانلي لم ينشغل فقط بدراسة الأطفال الموهوبين؛ بل رغب في تنميتهم فكريًّا، وتعزيز احتمالات تغييرهم للعالم. لقد كان شعاره الذي طالما أخبر به طلاب الدراسات العليا: "لقد عفا الزمن على المنهجيات الغابرة".

وحيث إن أوائل المشاركين في دراسة SMPY هم الآن في أوج حياتهم المهنية[1]، فقد بات واضحًا مدى تفوُّق الموهوبين على بقية المجتمع من حيث التأثير. فالكثير من المبدعين الذين يحملون لواء التقدم في مجالات العلوم والتقنية والثقافة قد اكتُشفت قدراتهم المعرفية الفريدة، وحظيت بالدعم في سنوات مبكرة من حياتهم، من خلال البرامج الإثرائية، مثل مركز جامعة جونز هوبكنز للشباب الموهوبين، الذي بدأه ستانلي في الثمانينات، حين ساعد في دراسة SMPY. في البداية، كانت الدراسة والمركز يَقْبلان الشباب الصغار الذين صُنِّفوا في أعلى 1% في امتحانات القبول بالجامعة. كان عالِمَا الرياضيات الرائدان تيرينس تاو، ولينهارد إن جي من بين الواحد في المئة، وكذلك مؤسِّس «فيسبوك» مارك زوكربيرج، ومؤسِّس «جوجل» سيرجي برين، والمغنية ستيفاني جيرمانوتا (ليدي جاجا)، قد تخرجوا جميعًا في مركز هوبكنز.

من جانبه صرَّح جوناثان واي ـ المتخصص في علم النفس في برنامج اكتشاف المواهب بجامعة ديوك في دورهام بولاية نورث كارولينا، التي تتعاون مع مركز هوبكنز ـ قائلًا: "سواء اتفقنا، أم اختلفنا، فهؤلاء الأشخاص يتحكَّمون بالفعل في مجتمعنا". جمع واي بيانات من 11 دراسة طولية استشرافية واستعادية[2]، بما في ذلك دراسة SMPY؛ لتوضيح العلاقة بين القدرة المعرفية المبكرة، والإنجازات في مرحلة ما بعد البلوغ. وأردف: "الأطفال الذين يحققون في الاختبار درجة في أعلى قائمة الـ1% عادةً ما يصبحون علماء وأكاديميين بارزين، ومديرين تنفيذيين لشركات مدرَجة على قائمة «فورتشن 500»، وقضاة فيدراليين، وأعضاء في مجلس الشيوخ، ومليارديرات"، بيد أن هذه النتائج تتناقض مع الأفكار الراسخة التي تشير إلى أن الأداء الفائق يعتمد في الأساس على الممارسة، أي أنّ أيّ شخص يستطيع أن يصل إلى القمة، من خلال بذل جهد مركَّز كافٍ ومدروس. وعلى النقيض، تشير دراسة SMPY إلى أن القدرة الإدراكية المبكرة لها تأثير أكبر على الإنجاز من الممارسة المتعمَّدة، أو العوامل البيئية، مثل الوضع الاجتماعي والاقتصادي. وتؤكد الدراسة على أهمية تعزيز قدرات الأطفال المتميزين، في وقت انصبّ فيه التركيز في الولايات المتحدة وبلدان أخرى على تحسين أداء الطلاب المتعثرين (انظر: «تنشئة الأطفال الموهوبين»). في الوقت نفسه، أثار العمل على اكتشاف ودعم الطلاب الموهوبين أكاديميًّا تساؤلات مقلقة حول مخاطر تصنيف الأطفال، وضعف عمليات البحث عن المواهب، والاختبارات الموحدة، كوسيلة لاكتشاف الطلاب ذوي الإمكانات العالية، وخاصة في المناطق الفقيرة والريفية.

صرّحت دونا ماثيوز ـ أخصائية علم النفس النمائي في تورنتو، كندا، التي شاركت في تأسيس مركز تعليم ودراسات الموهوبين في كلية هنتر في مدينة نيويورك ـ قائلة: "إن التركيز المفرط على التنبؤ بالنوابغ الذين سيَصِلون إلى القمة يُوقِعنا في فخ الاستهانة بالعديد من الأطفال الذين لم يخضعوا لهذه الاختبارات، أمّا مَن يخضعون لها، فإنّ إطلاق لفظ «موهوبين» أو «غير موهوبين» عليهم لا يعود عليهم بأي فائدة؛ ففي كلتا الحالتين قد يقوِّض ذلك من دافع التعلم لدى الطفل".

بداية الدراسة

في أحد الأيام الحارة في شهر أغسطس، وصفت بينبو، وزوجها ديفيد لوبنسكي ـ اختصاصي علم النفس ـ أصول دراسة الشباب النابغين في الرياضيات أثناء سيرهما في باحة جامعة فاندربيلت. كانت بينبو طالبة دراسات عليا في جامعة جونز هوبكنز عندما قابلت ستانلي في فصل كان يدرسه في عام 1976. قام بينبو ولوبنسكي ـ اللذان شاركا في الإشراف على الدراسة منذ تقاعد ستانلي ـ بنقل الدراسة إلى فاندربيلت في عام 1998.

> «سواء اتفقنا، أَم اختلفنا.. فهؤلاء الأشخاص يتحكَّمون بالفعل في مجتمعنا».

وتقول بينبو وهي تقترب من مختبر علم النفس في الجامعة، وهو أول منشأة في الولايات المتحدة تهتم بدراسة هذا المجال: "يمكن القول إن ذلك عاد بأبحاث جوليان إلى مقرها الأصلي، فهذا هو المكان الذي بدأ فيه حياته المهنية كبروفيسور". يضم المختبر ـ الذي تأسس في عام 1915 ـ مجموعة صغيرة من الآلات الحاسبة العتيقة التي كانت تُستخدم كأدوات لعلم النفس الكمي في أوائل خمسينات القرن العشرين، عندما بدأ ستانلي عمله الأكاديمي في القياس النفسي والإحصاء.

وقد زاد اهتمامه بتطوير المواهب العلمية بفضل إحدى أشهر الدراسات الطولية في علم النفس، وهي دارسات لويس تيرمان الوراثية للعباقرة[3,4]. وابتداءً من عام 1921، اختار تيرمان المراهقين المشاركين في دراسته على أساس معدلات الذكاء العالية، ثم تابعهم وشجعهم في حياتهم المهنية، ولكن ما أثار استياء تيرمان هو أن مجموعته لم تفرز سوى عدد قليل من العلماء المرموقين، وكان مِن بين مَن استبعدهم لأن معدل ذكائهم ـ البالغ 129 ـ كان أقل من اللازم للدخول في المجموعة، كل من: ويليام شوكلي، الفائز بجائزة «نوبل» كمشارك في اختراع الترانزستور، والفيزيائي لويس ألفاريز، الحائز أيضًا على جائزة «نوبل».

شكّ ستانلي في أن تيرمان لم يكن ليستبعد شوكلي وألفاريز، لو اتبع وسيلة موثوقة لاختبارهما، خاصة فيما يتعلق بالقدرة على التفكير الكمي. وبناءً عليه، قرر ستانلي تجربة اختبار الكفاءة الدراسية (SAT). ورغم أن الاختبار يستهدف الطلاب الأكبر سنًّا، فإن ستانلي افترض أنه مناسب تمامًا لقياس قدرات التفكير التحليلي لدى النوابغ من الأطفال الأصغر سنًّا.

وفي مارس 1972، جمع ستانلي قرابة 450 نابغة، تتراوح أعمارهم بين 12، و14 عامًا من منطقة بالتيمور، وأعطاهم جزء الرياضيات من اختبار SAT. يُعَدّ ذلك أول "بحث عن المواهب" موحد وأكاديمي، فقد استعان الباحثون لاحقًا (بالجزء اللفظي والتقييمات الأخرى). ويقول المتخصص في علم النفس التنموي دانيال كيتنج، الذي كان آنذاك طالبًا للدكتوراة في جامعة جونز هوبكنز: "كانت المفاجأة الكبيرة الأولى هي عدد المراهقين الذين تمكنوا من حل مسائل الرياضيات التي لم يسبق أن تعاملوا معها في منهجهم الدراسي، أما المفاجأة الثانية، فقد تمثلت في عدد الأطفال الصغار الذين حصلوا على درجات أعلى بكثير من الحد الأدنى للقبول المعمول به في العديد من الجامعات المرموقة".

لم يتصور ستانلي أن تأخذ دراسة الشباب النابغين في الرياضيات (SMPY) شكل دراسة طولية تمتد إلى عقود، ولكن بعد أول مسح للمتابعة أُجري بعد خمس سنوات، اقترحت بينبو تمديد الدراسة؛ لتتبُّع الموهوبين خلال حياتهم، حيث أُضيفت مجموعات جديدة، كما أُدرج في الدراسة تقييم للاهتمامات، والتفضيلات، والإنجازات المهنية، وغيرها من إنجازات الحياة. تضم الأربع مجموعات الأولى في الدراسة مَن حققوا درجات تتراوح بين أعلى 3% إلى أعلى 0.01% في درجات اختبار الكفاءة الدراسية. كما أضاف فريق دراسة SMPY مجموعة خامسة من أبرز طلاب الدراسات العليا المتخصصين في الرياضيات والعلوم في عام 1992؛ من أجل اختبار إمكانية تعميم نموذج البحث عن المواهب؛ لاكتشاف القدرات العلمية لدى الأفراد.

وفي تعليقه على الدراسة، يقول كريستوف بيرليث، اختصاصي علم النفس في جامعة

ILLUSTRATION BY VASAVA

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

روستوك في ألمانيا، الذي يدرس تنمية الذكاء والمواهب: "لا أعرف أي دراسة أخرى في العالم أعطتنا نظرة شاملة ودقيقة كهذه حول كيفية تطور المواهب في مجال العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات، وأسباب ذلك التطور".

المهارات المكانية

في ظل تدفق البيانات، سرعان ما اتضح أن اتباع منهج واحد يلائم الجميع في تعليم الموهوبين، أو التعليم بوجه عام، أصبح غير كاف. وفي هذا السياق، صرحت رينا سابوتنيك، المسؤولة عن إدارة مركز سياسة تعليم الموهوبين، التابع لجمعية علم النفس الأمريكية في واشنطن العاصمة، قائلة: "لقد منحتنا دراسة الشباب النابغين في الرياضيات أول قاعدة عيّنات كبيرة في هذا المجال، ساعدتنا بدورها على التخلي عن فكرة الذكاء العام، والانتقال إلى تقييمات لقدرات واهتمامات إدراكية معينة، فضلًا عن عوامل أخرى".

بدأ ستانلي في عام 1976 اختبار مجموعته الثانية (عينة تتألف من 563 مراهقًا في عمر الثالثة عشرة، كانوا من بين أفضل 0.5% في اختبار الكفاءة المدرسية) فيما يتعلق بالقدرة المكانية؛ أي القدرة على فهْم العلاقات المكانية بين الأشياء، وتذكّرها[5]. وتنطوي اختبارات القدرة المكانية على نشاط مطابقة أشياء يُنظر إليها من مناظير مختلفة، أو تحديد المقطع العرضي الذي سينشأ عند قطع شيء بطرق معينة، أو تقدير مستويات المياه في زجاجات مائلة ذات أشكال متنوعة. انتاب ستانلي الفضول بشأن ما إذا كانت القدرة المكانية قد تتنبأ بالنتائج التعليمية والمهنية بشكل أفضل من مقاييس الاستدلال الكمي واللفظي وحدها.

وأيّدت دراسات المتابعة التي أُجريت على الأشخاص في أعمار 18، و23، و33، و48 عامًا ما حدسه. وقد اكتشف تحليل[5] أُجري في عام 2013 وجود علاقة بين عدد براءات الاختراع، والأبحاث المُحَكَّمة التي نشرها أولئك الأشخاص، وبين نتائجهم الأولية في اختبارات الكفاءة المدرسية والقدرات المكانية. مَثَّلَت اختبارات الكفاءة المدرسية مجتمعةً حوالي 11% من نسبة التباين، بينما مَثَّلَت اختبارات القدرة نسبة 7.6% إضافية.

وتشير النتائج ـ التي تتفق مع نتائج الدراسات التي أُجريت مؤخرًا ـ إلى أن القدرة المكانية تلعب دورًا رئيسًا في الإبداع والابتكار التقني. وفي هذا السياق، يقول لوبنسكي: "أعتقد أن هذا هو أكبر ما يُعرف من مصادر الإمكانات البشرية غير المستغلة"، مبيِّنًا أن الطلاب المتميزين إلى حد ما في الرياضيات أو القدرات اللفظية، لكنهم يملكون قدرات مكانية عالية، غالبًا ما يصبحون مهندسين، أو معماريين، أو جَرّاحين بارعين، مضيفًا: "حتى الآن، ليس هناك مِن بين مَن أعرفهم من مديري أقسام القبول بالجامعات مَن يبحث عن هذه القدرات، ناهيك عن أنه يتم التغاضي عنها بوجه عام في التقييمات المدرسية".

ورغم أن دراسات مثل دراسة SMPY قد سلّحت المُعلِّمين بالقدرة على اكتشاف الأطفال الموهوبين ودعمهم، فإنّ الاهتمام بهذه الشريحة حول العالم غير متكافئ. ففي الشرق الأوسط وشرق آسيا، حظي طلاب العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات المتميزون باهتمام كبير خلال العقد المنصرم؛ إذ عملت دول معينة ـ مثل كوريا الجنوبية، وهونج كونج، وسنغافورة ـ على التنقيب عن الأطفال الموهوبين، وتشجيع المتميزين على الالتحاق ببرامج إبداعية. وفي عام 2010، أطلقت الصين خطة وطنية لتطوير المواهب، مدتها عشر سنوات؛ تهدف إلى دعم الطلاب المتميزين؛ وتوجيههم إلى دراسة العلوم، والتقنية، وغيرها من المجالات المطلوبة بشدة. أما في أوروبا، فقد تراجع الدعم المقدَّم للبرامج البحثية والتعليمية الخاصة بالأطفال الموهوبين، حيث اتجه التركيز أكثر نحو الإدماج. وقررت إنجلترا في عام 2010 إلغاء الأكاديمية الوطنية للمتفوقين والموهوبين الشباب، وتوجيه الأموال نحو الجهود الرامية إلى إلحاق المزيد من الطلاب الفقراء بالجامعات الرائدة.

على المسار السريع

حين بدأ ستانلي عمله، كانت الخيارات المتاحة للأطفال النابغين في الولايات المتحدة محدودة، ومن ثم سعى إلى توفير بيئات، يتسنَّى فيها للمواهب المكتشَفة مبكرًا أن تزدهر. وفي هذا الصدد، تقول ليندا برودي، التي درست مع ستانلي، وتدير في الوقت الحالي برنامجًا في جامعة جونز هوبكنز، يهتم بتوجيه الأطفال النابغين: "اتّضح لجوليان أن اكتشاف الإمكانات لا يكفي، إذ يتعين تطويرها بطرق ملائمة، إذا كنت ترغب في الحفاظ على توهُّجها".

في البداية، اعتمدت هذه الجهود على منهج التعامل مع كل حالة على حدة، حيث بدأ آباء الأطفال المتميزين في التواصل مع ستانلي، بعد عِلْمهم بما قام به مع بيتس، الذي ازدهر بعد الالتحاق بالجامعة. فببلوغه سن 17 عامًا، حصل على درجتي البكالوريوس والماجستير في علم الحاسبات، وبدأ رحلة الحصول على الدكتوراة من جامعة كورنيل في إيثاكا، نيويورك. وبعد ذلك، وبصفته أستاذًا في جامعة كارنيجي ميلون في بيتسبرج، بنسلفانيا، أصبح رائدًا في مجال الذكاء الاصطناعي.

يقول بيتس، الذي يبلغ الآن من العمر 60 عامًا: "كنت خجولًا، ولم تكن الضغوط الاجتماعية المتعلقة بالمدرسة الثانوية لتجعلها ملائمة لي، لكن الجامعة وفَّرَت ـ برفقة عباقرة العلوم والرياضيات ـ البيئة المناسبة لي تمامًا، حتى وإن كنت أصغر من زملائي بكثير. تمكنتُ من تحقيق التقدم في الجانب الاجتماعي، وفق الوتيرة التي تناسبني، وهو الأمر الذي ينطبق على الجانب الفكري، لأنّ الإيقاع السريع للدراسة أبقاني مهتمًّا بمحتوى ما أدرسه".

لقد دعَّمَت بيانات دراسة الشباب النابغين في الرياضيات فكرة التسريع الأكاديمي للمتعلمين المتميزين، وذلك بالسماح لهم بتخطِّي الصفوف الدراسية. وفي مقارنة عُقدت بين الأطفال الذين تخطُّوا أحد الصفوف، وبين مجموعة مرجعية من أطفال يتمتعون بمستوى ذكاء مشابه، لكنهم لم يتخطوا أي صفوف، أشارت النتائج إلى أن تخطِّي الصفوف كان يزيد احتمال حصولهم على الدكتوراة، أو أن يكون لهم براءات اختراع بنسبة 60%، فضلًا عن إمكانية حصولهم على الدكتوراة في مجال العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات، بنسبة تزيد على ضعف الإمكانية المتاحة لغيرهم من الطلاب.[6]

إن التسريع الأكاديمي شائع في مجموعة النخبة (1 من 10,000) في دراسة SMPY، وهم مَن يتسمون بتنوع فكري، وسرعة في التحصيل العلمي، تجعل من تدريسهم عملية معقدة. ويشير لوبنسكي إلى أن تكلفة النهوض بهؤلاء الطلاب قليلة، أو معدومة، وفي بعض الحالات يوفر المال للمدارس. ويضيف: "لا يحتاج هؤلاء الأطفال في الغالب أي شيء جديد أو مبتكر، بل يحتاجون فقط إلى الوصول المبكر للمواد المتاحة للأطفال الأكبر سنًّا".

لا يزال العديد من المعلمين والآباء يعتقدون أن التسريع الأكاديمي سيئ في حق الأطفال؛ إذ يرون أنه قد يسبِّب لهم ضررًا اجتماعيًّا، أو يجعلهم لا يعيشون طفولتهم، أو يخلق فجوات معرفية بينهم وبين أقرانهم، غير أن الباحثين في مجال التعليم يتفقون ـ بوجه عام ـ على أن التسريع الأكاديمي يعود بالنفع على الغالبية العظمى من الطلاب الموهوبين في النواحي الاجتماعية، والنفسية، والأكاديمية، والمهنية أيضًا.[7]

إنّ تخطِّي الصفوف الدراسية ليس هو الخيار الوحيد، إذ يشير الباحثون في دراسة الشباب النابغين في الرياضيات إلى أن أبسط الإجراءات ـ على سبيل المثال، الوصول إلى مواد أكثر صعوبة، مثل مواد الدراسات المتقدمة للمرحلة الجامعية ـ قد يكون له أثر ملحوظ. ويبرز من بين الطلاب الذين يتمتعون بقدرات عالية طلاب حصلوا على تجربة أكثر إثراءً، انطوت على فرص تعليمية متقدمة في العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات، قبل الالتحاق بالجامعة، الأمر الذي ساعدهم على نشر عدد أكبر من الأبحاث الأكاديمية، والحصول على عدد أكبر من براءات الاختراع، ومن ثم الحصول على وظائف أعلى من نظرائهم الذين يتمتعون بمستوى مماثل من الذكاء، لكنهم لم تُتَح لهم تلك الفرص[8].

ورغم تمخض دراسة الشباب النابغين في الرياضيات عن الكثير من الرؤى، فإن صورة الموهبة والإنجاز لا تزال غير مكتملة لدى الباحثين. يقول دوجلاس ديترمان، وهو اختصاصي في علم النفس، يدرس القدرة الإدراكية في جامعة كيس ويسترن ريزيرف

بداية مميزة

تنشئة الأطفال الموهوبين

تقول كاميلا بينبو، عميدة كلية التربية والتنمية البشرية بجامعة فاندربيلت في ناشفيل بولاية تينيسي: "التخطيط لتنشئة عبقري هو آخر شيء ننصح أيّ وليّ أمر بالقيام به"، مضيفةً أن هذا الهدف "يمكن أن يسفر عن الكثير من المشكلات الاجتماعية والنفسية".

تقدِّم بينبو وغيرها من الباحثين المعنيين بتنمية المواهب النصائح التالية؛ لتحقيق الإنجاز والسعادة معًا لدى الأطفال الأذكياء:

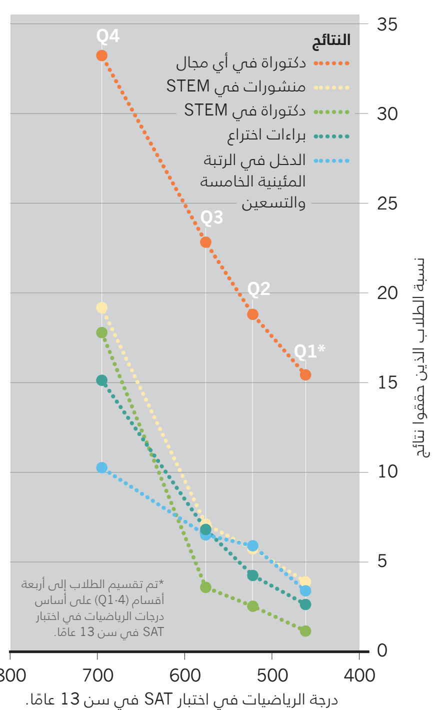
- تعريض الأطفال لخبرات متنوعة.
- حين يُظهر الطفل اهتمامات أو مواهب قوية؛ تجب إتاحة الفرصة له لتطويرها.
- دعم الاحتياجات الفكرية والنفسية معًا.
- مساعدة الأطفال على تطوير «عقلية النمو»، من خلال الثناء على الجهود، وليس على القدرات.
- تشجيع الأطفال على تحدّى المخاطر الفكرية، وتقبُّل الإخفاقات التي تساعدهم على التعلم.
- الحذر من التصنيفات؛ فالتعامل مع الطفل باعتباره موهوبًا يمكن أن يمثل عبئًا نفسيًّا عليه.
- التعاون مع المعلمين؛ لتلبية احتياجات طفلك. فالطلاب الأذكياء غالبًا ما يحتاجون إلى مواد أكثر صعوبة، ومزيد من الدعم، أو حرية التعلم، وفق وتيرتهم الخاصة.
- اختبِرْ قدرات طفلك، فمِن شأن ذلك أن يدعم حجج الوالدين بشأن دراسة مواد أكثر تقدُّمًا، ويمكن أن يكشف عن مشكلات معينة، مثل صعوبة القراءة، أو اضطراب نقص الانتباه وفرط الحركة، أو تحديات اجتماعية ونفسية أخرى. **توم كلاينس**

في كليفلاند بولاية أوهايو: "نحن لا نعرف السبب، فحتى في أوساط النابغين، هناك من يبلي بلاءً حسنًا، وهناك من يؤدي أداءً سيئًا". ويضيف: "إن الذكاء ليس هو السبب دائمًا وراء كافة الفروق بين الأشخاص؛ إذ إن هناك عوامل أخرى مهمة، منها الدوافع، وجوانب الشخصية، ومدى الجدية في العمل، وغير ذلك".

نشأ بعض الرؤى عن دراسات ألمانية[9-11] اتبعَتْ منهجية مماثلة لتلك المتَّبَعة في دراسة الشباب النابغين في الرياضيات. وتوصَّلَت دراسة ميونخ الطولية للمواهب ـ التي بدأت في تعقُّب 26,000 طالب موهوب في منتصف الثمانينات من القرن الماضي ـ إلى أن العوامل الإدراكية كانت هي الأكثر دلالة، غير أن بعض السمات الشخصية، مثل الدافع، والفضول، والقدرة على التغلب على الضغوط، كان لها تأثير محدود على الأداء، وكان للعوامل البيئية ـ مثل الأسرة، والمدرسة، والأقران ـ تأثير أيضًا. وإضافة إلى ذلك.. تسهم البيانات المستمدة من عمليات البحث عن المواهب الفكرية في التعرّف على كيفية اكتساب الأشخاص للخبرات في مجالات معينة. وقد روَّج بعض الباحثين والكتّاب ـ لا سيما أندرس إريكسون، عالِم النفس في جامعة ولاية فلوريدا في تالاهاسي، والكاتب مالكوم جلادويل ـ لفكرة "الحد الأدنى للقدرات"، التي بدورها تشير إلى أنه بالنسبة إلى الأشخاص الذين يتخطَّون معدّل ذكاء معين (غالبًا 120)، فإن مدة الممارَسة المركزة تُعَدّ أكثر أهمية من القدرات الفكرية الإضافية، من أجل اكتساب الخبرات، بيد أن البيانات المستمَدَّة من دراسة الشباب النابغين في الرياضيات، وبرنامج ديوك للمواهب، تخالِف هذه الفرضية (انظر: ‹قمة جداول الترتيب›). وعَقدت دراسة نُشرت هذا العام[12] مقارنةً بين نتائج الطلاب الموجودين ضمن أفضل 1%، من حيث القدرة الفكرية في مرحلة الطفولة، وبين نتائج الطلاب الموجودين ضمن نسبة أفضل 0.01%. وبينما حصلت المجموعة الأولى على درجات متقدمة بمعدل يبلغ 25 ضِعْف عموم الطلاب، حصل الطلاب الأكثر نبوغًا على الدكتوراة بمعدل بلغ 50 ضِعْف الطلاب العاديين.

قمة جداول الترتيب

تكشف الدراسات طويلة الأمد حول الطلاب الموهوبين – هؤلاء الذين حققوا درجة في أعلى 1% مثل البالغين في قسم الرياضيات في اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) - عن أن الذين حلوا في المراتب الأولى منهم تمكّنوا من التفوق على الآخرين



SOURCE: K. FERRIMAN ROBERTSON ET AL. CURR. DIR. PSYCHOL. SCI. 19, 346–351 (2010).

وهناك علامات استفهام على بعض هذه الدراسات. ففي أمريكا الشمالية وأوروبا، يشعر بعض خبراء تنمية الأطفال بالحسرة، لأن معظم الأبحاث المتعلقة بتنمية المواهب مدفوعة بالحاجة إلى توقُّع مَن سيعتلي القمة، بيد أن التربويين قد عَبَّروا عن قلقهم البالغ إزاء فكرة تعريف وتمييز مجموعة من التلاميذ على أنهم متفوقون، أو موهوبون[13].

تقول ماثيوز في هذا الصدد: "إن تحقيق درجة عالية في الاختبار يفيد بأن الشخص يملك قدرات عالية تلائم هذا الاختبار في هذه المرحلة الزمنية، بينما لا يخبرك الحصول على درجات منخفضة أي شيء من الناحية العملية"، لأن هناك عوامل كثيرة قد تؤثر بالسلب على أداء الطالب، من بينها الخلفيات الثقافية، ومدى ارتياحهم لخوض اختبارات تنطوي على أهمية بالغة. وتؤكد ماثيوز أنه حين يشعر الأطفال القريبون من درجات الإنجاز المبكر القصوى العليا أو الدنيا بأنهم يخضعون للتقييم بخصوص النجاح المستقبلي، فقد يتراجع حافز التعلُّم لديهم، وقد يتمخض عن ذلك ما أطلقَتْ عليه عالمة النفس في جامعة ستانفورد كارول دويك: "العقلية الثابتة"، إذ تقول دويك إنه من الأفضل بكثير التشجيع على التحلي بعقلية النمو التي يشعر فيها الأطفال بأنّ الذكاء والموهبة ما هما إلا نقطة بداية، وأن القدرات يمكن تطويرها بالعمل الجاد، والمجازفة الفكرية المستمرة.

وتضيف دويك: "يركِّز الطلاب على تطوير أنفسهم، بدلًا من الانشغال بمستوى ذكائهم، والسعي النَّهِم لنَيْل استحسان الآخرين، فهم يعملون بجد لتعلُّم المزيد، واكتساب المزيد من الذكاء". ويُظْهِر البحث الذي أجرته دويك وزملاؤها أن الطلاب الذين يتمتعون بهذه العقلية لديهم حافز أكبر في الدراسة، ويحصلون على علامات أفضل، ودرجات أعلى في الاختبارات[14].

وتتفق بينبو مع أنّ الاختبارات المعيارية يجب ألّا تُستخدم لتقييد خيارات الطلاب، بل لاكتساب استراتيجيات للتعلُّم والتدريس، ملائِمة لقدرات الأطفال؛ مما يتيح للطلاب في كافة المستويات استكشاف إمكاناتهم الكاملة.

وتخطِّط بينبو، ولوبنسكي لإجراء مَسْح لمنتصف العمر لمجموعة النخبة (1 من 10,000) في العام القادم، حيث سيركِّز هذا المسح على الإنجازات المهنية، ومستوى الرضا عن الحياة، وإعادة مسْح عيِّنة 1992، التي أجرياها على طلاب الدراسات العليا في عدد من الجامعات الرائدة بالولايات المتحدة. يمكن أن تُسهِم الدراسات التالية في تقويض الفهم القديم الخاطئ، القائل إنّ الطلاب الموهوبين يتسمون بالذكاء الذي يكفيهم لتحقيق النجاح بمفردهم، دون الكثير من المساعَدة. يقول ديفيد جيري، المتخصص في علم النفس التنموي الإدراكي في جامعة ميزوري في كولومبيا، والمتخصص تحديدًا في تعليم الرياضيات: "إن المجتمع التعليمي لا يزال يقاوم هذه الرسالة، فهناك اعتقاد عام بأن الأطفال الذين يتمتعون بمزايا إدراكية أو غيرها لا يحتاجون إلى المزيد من التشجيع، وأن علينا التركيز أكثر على الأطفال الأقل أداءً".

وعلى الرغم من أن المتخصصين في مجال تعليم الموهوبين يرحبون بزيادة خيارات تنمية المواهب في الولايات المتحدة، إلا أن المزايا لا تزال تقتصر ـ في الغالب ـ على الطلاب الذين يحتلون صدارة المواهب والمستويات الاجتماعية والاقتصادية الأعلى.

يقول لوبنسكي: "نحن نعرف كيفية اكتشاف هؤلاء الأطفال، ونعرف كيفية مساعدتهم، لكننا في الوقت ذاته نهمل عددًا كبيرًا من أذكى الأطفال في بلادنا".

وبينما يسير لوبنسكي وبينبو في الفناء، دقّت الساعة؛ مشيرةً إلى الثانية عشرة ظهرًا، لينطلق عدد من المراهقين المتحمسين مسرعين إلى غرفة تناوُل الطعام. يشارك العديد من هؤلاء في برامج «فاندربيلت» للشباب الموهوبين، فضلًا عن دورات الإثراء الصيفية، التي يقضي خلالها الطلاب الموهوبون ثلاثة أسابيع في إثراء أنفسهم في محتوى يعادل عامًا كاملًا، في مواد الرياضيات، والعلوم، والآداب، وفي الوقت ذاته يشارك آخرين في مخيمات فاندربيلت الرياضية. وفي هذا الصدد يقول لوبنسكي، الذي مارَس لعبة المصارعة في سنوات الثانوية والجامعة: "إنهم يعملون على تطوير المواهب المختلفة على حد سواء، بيد أن مجتمعنا يشجع المواهب الرياضية أكثر من المواهب الفكرية".

إنّ هؤلاء الطلاب الموهوبين "أبطال العالم في الرياضيات" قادرون على رسم ملامح المستقبل. وهنا يقول لوبنسكي: "عندما تنظر إلى المشكلات التي تواجه المجتمع في الوقت الراهن، سواء أكانت متعلقة بالصحة، أم بتغيُّر المناخ، أم بالإرهاب، أم بالطاقة، فإنّ هؤلاء الأطفال يملكون أفضل القدرات لحل هذه المشكلات. هؤلاء هم مَن يجدر بنا أن نراهن عليهم". ■

توم كلاينس صحفي، ومؤلف كتاب «الفتى صاحب الخلطة السرية: عِلْم خارق، وتنشئة خارقة، وكيفية صناعة النجم» *The Boy Who Played With Fusion: Extreme Science, Extreme Parenting and How to Make a Star*.

1. Lubinski, D., Benbow, C. P. & Kell, H. J. *Psychol. Sci.* **25,** 2217–2232 (2014).
2. Wai, J. *Intelligence* **45,** 74–80 (2014).
3. Oden, M. H. *Genet. Psychol. Monogr.* **77,** 3–93 (1968).
4. Terman, L. M. *Am. Psychol.* **9,** 221–230 (1954).
5. Kell, H. J., Lubinski, D., Benbow, C. P. & Steiger, J. H. *Psychol. Sci.* **24,** 1831–1836 (2013).
6. Park, G., Lubinski, D. & Benbow, C. P. *J. Educ. Psychol.* **105,** 176–198 (2013).
7. Steenbergen-Hu, S. & Moon, S. M. *Gift. Child Q.* **55,** 39–53 (2011).
8. Wai, J., Lubinski, D., Benbow, C. P. & Steiger, J. H. *J. Educ. Psychol.* **102,** 860–871 (2010).
9. Heller, K. A., von Bistram, A. & Collier, A. in *Munich Studies of Giftedness* (ed. Heller, K. A.) 433–454 (LIT, 2010).
10. Heller, K. A. *Talent Dev. Excell.* **5,** 51–64 (2013).
11. Heller, K. A. in *Munich Studies of Giftedness* (ed. Heller, K. A.) 3–12 (LIT, 2010).
12. Makel, M. C. *et al. Psychol. Sci.* **27,** 1004–1018 (2016).
13. Koshy, V. & Pinheiro-Torres, C. *Br. Educ. Res. J.* **39,** 953–978 (2013).
14. Dweck, C. *Mindset: The New Psychology of Success* (Random House, 2006).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



يتتبع مختبر «ويل ليفينج» تجاوب العاملين مع للبيئة الداخلية للأماكن المغلقة

التجربة المكتبية

هل يمكن للعِلْم أن يبني بيئة العمل المثالية؟

إيميلي أنثيز

في أواخر شهر مايو الماضي، قام ثمانية موظفين من قسم السجلات الطبية بمنظمة «مايو كلينك» بحَزْم متعلّقاتهم، وإغلاق أجهزة الحاسوب الخاصة بهم، وانتقلوا إلى مكاتب جديدة تمامًا في قلب مدينة روتشستر بولاية مينيسوتا. وهناك بدأوا يتصرفون بأريحية؛ فقاموا بتعليق تقويمات عليها صور من عالَم «والت ديزني»، ورتَّبوا إطارات صور تظهر فيها كلابهم، واستقروا في تناغم مع إيقاع مكان العمل الجديد.

بعدها، بدأ الباحثون في التلاعب بالموظفين. رفعوا درجة حرارة المكان لبعض الوقت، ثم خفضوها مرة أخرى، وغَيَّروا درجة الحرارة اللونية في الأضواء العلوية، وألوان النوافذ الزجاجية الكبيرة. كما أصدروا بعض الأصوات المزعجة عبر مكبرات الصوت المثبتة في السقف، كصوت رنة هاتف، وصوت الضغط على لوحة مفاتيح الحاسوب، وصوت رجل يقول "هنا السجلات الطبية"، وكأنه يرّد على مكالمة هاتفية.

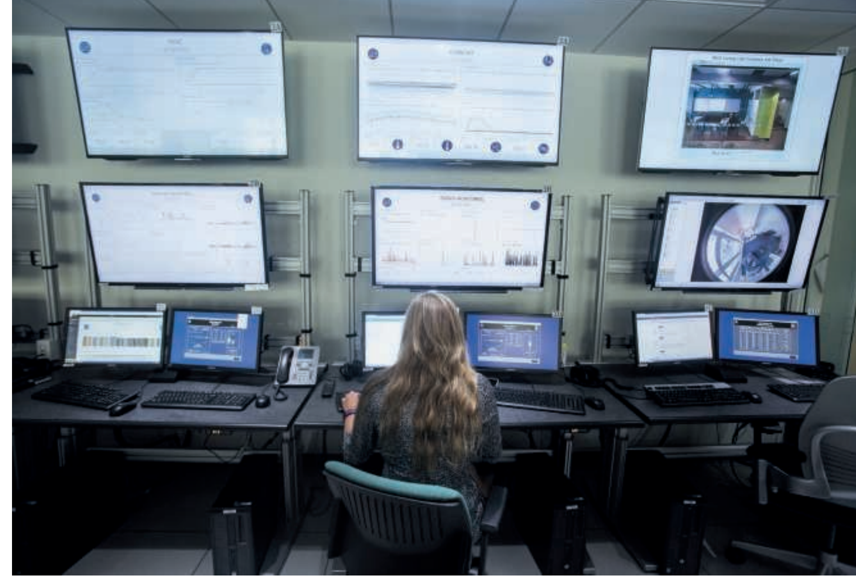
وفي صباح حار من شهر يونيو، كان جهاز التسجيل يعمل بشكل متصل. "تتبَّعتُ الوقت – 55 ثانية"؛ هكذا قال راندي موشكا ساخطًا، وهو أحد الموظفين الذين تم نقلهم إلى المكاتب الجديدة. الهواء اليوم خانق، إلا أن أشعة الشمس تتدفق إلى الداخل؛ ما يُعَدّ تحسُّنًا عن وضع الأسبوع الماضي، كما يقول موشكا؛ بعدما أَسْدَل الباحثون ستائر النوافذ تمامًا.

هؤلاء هم أول مجموعة تخضع لتجارب مختبر «ويل ليفينج» Well Living Lab، وهوصرْح يعمل بتقنيات عالية وفاعلية، تستطيع السلطات الحصول منه على كَمّ هائل من البيانات. وهذا المختبر هو ثمرة تعاون بين مجموعة «مايو كلينك» في روتشستر، وشركة «ديلوس» Delos، المختصة بالتصميم والتكنولوجيا، ومقرها مدينة نيويورك. وهو يهدف إلى احتضان الدراسات المعنية بمدى تأثير البيئة الداخلية للأماكن المغلقة على الصحة، والرفاهية العامة، والأداء، بدءًا من الإجهاد، حتى جودة النوم، ومن اللياقة البدنية، حتى الإنتاجية.

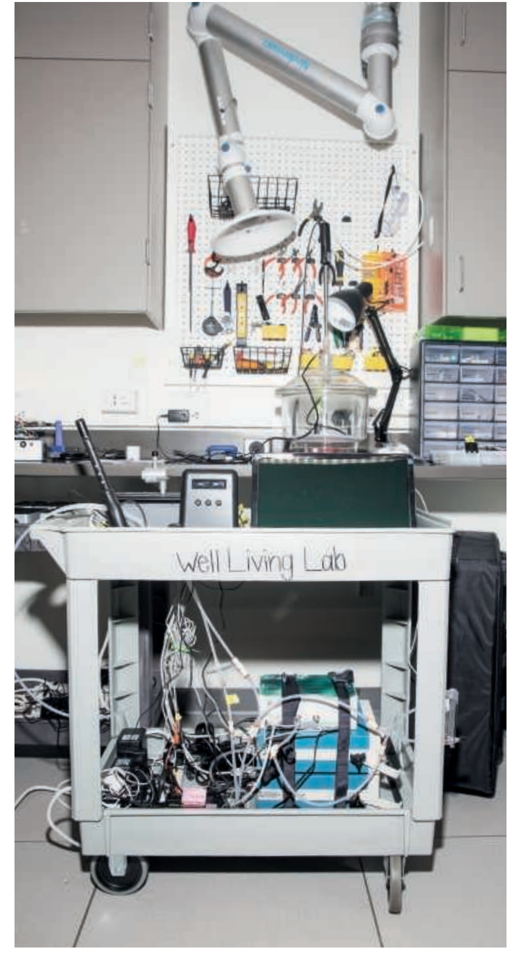
في آخِر القاعة يجلس العلماء في غرفة تحكُّم، جدرانها زجاجية، مكتظة بالحواسيب، حيث يراقبون موشكا وزملاءه عن كثب. يقول ألفريد آندرسون، مدير التكنولوجيا بالمختبر: "بإمكاننا رؤية كل ما يحدث هناك". تنقل إحدى الشاشات بثًّا حيًّا، بينما تَعرِض شاشات أخرى مستويات الإضاءة، ودرجة حرارة الجو والرطوبة والضغط الجوي، باستخدام حوالي 100 جهاز استشعار، موزَّعة في أرجاء المكان. هذا.. بالإضافة إلى أن العاملين أنفسهم متصلون أيضًا بأجهزة قياس حيوي يرتدونها على المعاصم كالأساور، تظهر قراءاتهاعلى شاشة ضخمة، بينما تقيس متغيرات ضربات القلب، والتوصيل الكهربي للجلد، وهما معياران أوّليان لمستوى الضغط الذي يتعرضون له. وسيعكف الباحثون على رصد كل ذلك أثناء تعريض الموظفين لتسعة أنواع مختلفة من البيئات داخل المكان. يقول آندرسون: "نحن اليوم في نموذج المكتب السيئ رقم 2".

يدرك الخبراء أن مساحات الأماكن الداخلية المغلقة قد تتسبب في مشكلات صحية. ويُعتقد أن الضجيج يسهم في ارتفاع ضغط الدم، وأمراض القلب، بالإضافة إلى أن الإضاءة الاصطناعية قد تؤثر علي التوتر اليومي، وقد تزيد من خطر الإصابة ببعض أنواع السرطان. وهناك أدلة متزايدة تشير إلى أن نمط الحياة المتسم بقِلّة الحركة قد يضر بالصحة، ويتسبب في الإصابة بداء السكري من النوع الثاني، وأمراض القلب والأوعية الدموية، والسرطان، أو الموت المبكر، وهو ما يُعَدّ مصدر قلق شديد، إذ تتطلب وظائف عديدة حديثةٌ الجلوسَ إلى المكاتب طوال اليوم. هذا.. ويُعتقد أن الضغوط المرتبطة ببيئة العمل تكلف سنويًّا مئات المليارات من الدولارات على مستوى العالم ،تظهر في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية







في غرفة التحكم الخاصة بمختبَر «ويل ليفينج»، (في الصورة أعلاه)، يتتبَّع الباحثون عشرات المتغيرات ـ مثل الإضاءة، ودرجة الحرارة، والرطوبة، ومستوى الضوضاء ـ باستخدام عشرات المستشعرات البيئية (إلى اليسار) الموزَّعة في أرجاء الغرفة. ومِن خلال أدوات في معمل تطوير الأجهزة (إلى اليمين)، يمكن إعادة تهيئة المساحة إلى شقق وغرف فندقية، وغير ذلك.

ACKERMAN + GRUBER FOR *NATURE*

صورة إجازات مرضية، وتكاليف للرعاية الصحية والإنتاجية المهدرة. ويقول برينت باوير، المدير الطبي لمختبر «ويل ليفينج»: "إننا نقضي 90% من أوقاتنا في أماكن مغلقة، وإذا لم نعمل على تحسين هذه الأماكن؛ فسوف نواجه صعوبات كبيرة في تحسين الصحة العامة ككل".

يأمل العلماء أن يسمح لهم هذا المختبر بأن يضيفوا إلى الأبحاث المتزايدة المعنية بتأثير بيئة المباني، وكذلك إصدار توصيات عملية تبرهن على إنشاء مساحات صحية في المكاتب، وحتى المنازل. إنها مهمة مليئة بالطموح، وسوف تشمل دمج وتفسير كميات هائلة من البيانات، إلا أن العلماء المبهورين بحجم المختبر، ونطاقه، ومنهجه متحمسون للغاية لمعرفة النتائج، وكذلك الشركات، والمنظمات. يقول جيل براجر، المدير المشارك بمركز بيئة المباني بجامعة كاليفورنيا: "كل شخص تحدثت إليه بشأن هذا الأمر وكان قدسمع عنه، أبدى حماسًا شديدًا، لأنها حقًّا تجربة فريدة".

الحياة في المختبَر

كشفتْ عقودٌ من الأبحاث أن المساحات الداخلية يمكن أن تؤثِّر على طريقة تفكير الناس، ومشاعرهم، وتصرفاتهم. ففي دراسة[1] بارزة أُجريت في عام 1984، لاحظ روجر أولريش ـ وهو أحد الرواد الحاليين في أبحاث تصميمات الرعاية الصحية في جامعة تشالمرز للتكنولوجيا في جوتنبرج بالسويد ـ أن المرضى الذين يقضون فترات نقاهة ما بعد العمليات الجراحية في غرف مستشفيات تطل على مناظر طبيعية يمكثون مدة أقصر في المستشفى، ويحتاجون جرعات أقل من المسكِّنات، مقارنةً بغيرهم ممن يمكثون في غرف تطل على حوائط من الطوب. وأفاد آخرون أن هناك أنواعًا معينة من الإضاءة الاصطناعية قد تساعد على تحسين النوم، وتقليل الاكتئاب والاضطراب لدى مرضى الزهايمر[2]، ويبدو أن درجات الحرارة المرتفعة أكثر تَحَدٍّ من استهلاك السعرات الحرارية[3].كما أن الموظفين الذين يعملون في مكاتب في قاعات مفتوحة تقل فيها الحواجز الجدرانية يطلبون مزيدًا من الإجازات المرضية[4]، بينما الأطفال الذين يدرسون في فصول يتخللها ضوء النهار يتقدمون بشكل أسرع في الرياضيات، وفي القراءة، مقارنة بغيرهم ممن يدرسون في فصول أقل إضاءة[5].

في عام 2012، دفعت الأبحاث المتراكمة شركة «ديلوس» - التي تهدف إلى إنشاء مساحات تعزز الصحة والرفاهية - للبدء في وضع مبادئ توجيهية مبرهنة لبناء مبان صحية أكثر. يوضح معيار «ويل بلدينج» WELL Building Standard ـ الذي صدر لأول مرة في عام 2014 ـ أكثر من 100 ممارسة من أفضل الممارسات، بدءًا من استخدام الدهانات التي تنتج مستويات أقل من المركبات المحتمَل أن تكون سامة، حتى تنظيم الكافيتريات، بحيث تُعرَض الفاكهة والخُضَر بشكل واضح. ويمكن أن تحصل المباني التي تلبي قدرًا كافيًا من المعايير على اعتماد «ويل»WELL، بالطريقة نفسها التي يمكن أن تحصل بها المباني على شهادة الاستدامة الصديقة للبيئة، بيد أنه أثناء وضع شركة «ديلوس» لتلك المعايير، لاحظت وجود ثغرات في الأبحاث العلمية، إذ اتضح أن هناك العديد من الدراسات التي تُعنى بجانب واحد من جوانب البيئة الداخلية، مثل الإضاءة، أو الصوت، بيد أنه في الواقع تعمل هذه المتغيرات بالتناسق مع بعضها البعض. فقد أثبتت الدراسات مثلًا أنه كلما ارتفعت درجة حرارة المكان والرطوبة فيه؛ قلت جودته[6]. ويمكن أن تسفر برامج الحدّ من تلوث الهواء في الأماكن المغلقة عن فوائد أكبر، إذا ما اهتم مديرو الأبنية بتلك العوامل الأخرى.

وقد تتعارض الممارسات الأخرى الموصَى بها. ففي شهر يونيو الماضي، أفاد الباحثون[7] أن العاملين في المكاتب حققوا درجات أعلى في اختبارات الوظائف الإدراكية عندما كانت التهوية في الغرفة أفضل، في حين أظهرت دراسات عديدة أن الضوضاء الموجودة في الخلفية تُضْعِف الأداء الإدراكي. إذًا، فماذا يكون الحال لو أنه تَعَيَّن على العاملين في المكتب فتح نافذة تطل على شارع مليء بالضوضاء؛ لزيادة تدفق الهواء؟ وإذا كان أحد العاملين يريد الهدوء، والآخر يريد هواءً نقيًّا، فهل يمكن للأدلة أن تحدد القرار الذي ينبغي اتخاذه؟

صرَّح دانا بيلاي، رئيس قسم الأبحاث في شركة «ديلوس»، والمدير التنفيذي لمختبر «ويل ليفينج»،قائلًا: "هناك بعض المختبرات المعنية بعلوم البناء تسعى لإدخال أكبر قدر ممكن من المكونات في التجربة، لكننا لم نعتقد أبدًا أنها وصلت بعد إلى أنْ تعالج جميع الأمور التي قد تطرأ على معيار تصميم المباني. لذا ظننا أننا سنفعل ذلك بأنفسنا". في عام 2013، بدأت الشركة مناقشات مع «مايو كلينك»، وقرّرت المؤسستان معًا إنشاء مختبر تفاعلي، يمكن تكييفه مع أيّ أوضاع، مما مَنَحَهم القدرة على المراقبة الدقيقة للعديد من المتغيرات البيئية، ومحاكاة الواقع بأكبر قدر ممكن.

قاموا بإنشاء فريق مكون من 18 شخصًا، ووضعوا تصورًا لمختبر الأحلام بمساحة 700 متر مربع. يتسم هذا المرفق ـ الذي بلغت تكلفة إنشائه أكثر من 5 ملايين دولار أمريكي، ويشغل الطابق الثالث من مبنى إداري ـ بقابليته للتحول بصورة غير محدودة؛ إذ يمكن تغيير لون زجاج النوافذ

باستخدام تطبيق على الهاتف المحمول، ويمكن ضبط إضاءة LED إلى ألوان وكثافات مختلفة، كما يمكن برمجة الستائر الآلية؛ لترتفع وتنزل في أوقات محددة من اليوم. "يمكننا تحريك الجدران، ومواسير السباكة، والأنابيب"، حسب قول باوير. ويمكن للباحثين تحويل المختبَر من مكتب كبير مفتوح إلى 6 شقق، أو 12 غرفة فندقية، بحيث يمكن للمشاركين في الدراسة العيش فيه لمدة أسابيع، أو حتى بضعة أشهر. يقول أليكسي مارموت، مهندس معماري وباحث في كلية لندن الجامعية: "إنها فكرة مبدعة.. من شأنها حقًّا أن تسمح بإتمام كل ما كان يصعب علينا فِعْله في الماضي".

يحتل مختبر «ويل ليفينج» مكانة علمية كبيرة، إذ يسهل التحكم فيه أكثر من المكاتب الحقيقية المستخدَمة في الدراسات الميدانية، كما أنه أكثر واقعية من مختبرات عديدة. وقد صرح براجر ـ الذي لم يشترك في تخطيط أو تصميم المختبر، لكنه سيعمل ضمن المجلس الاستشاري العلمي الخاص به ـ قائلًا: "أعتقد أن فكرة أنهم سيُبْقُون أشخاصًا هناك لمدد زمنية طويلة أمر مهم جدًّا". ويضيف: "على الرغم من أن هذا المختبر لا يُعتبر مبنى حقيقيًّا حتى الآن، ومن ثم ستظل هناك شكوك حول القدرة على تطبيق الفكرة على أرض الواقع، إلا أنه سيكون أقرب إلى الواقع من المختبرات التقليدية".

المساحات المكتبية

يستهل علماء مختبر «ويل ليفينج» أبحاثهم بصورة صغيرة ومبسّطة، معتمدين على النتائج السابقة لإنتاج مجموعة متنوعة من البيئات المكتبية، التي افترضوا أنها ستكون لها آثار إيجابية أو سلبية على راحة العاملين، والضغوط التي يتعرضون لها، أو لن يكون لها تأثير على الإطلاق. يراقبون تجاوب المشاركين مع الظروف المتغيرة، من خلال إجراء استطلاعات يومية تطلب منهم تقييم الارتياح، والرضا، والإنتاجية، وقدر الإجهاد الذي يشعرون به،بالإضافة إلى أساور القياس الحيوي التي يرتدونها. وتُعَدّ هذه الدراسة مجرد تجربة تهدف إلى التحقق من صحة نُظُم المختبر، والنهج الذي يتبعه، وكذلك الفكرة الأساسية بأن أجواء مكان العمل تؤثر على رفاهية الموظفين.

في وقت لاحق من العام الحالي، سيقوم الفريق باستكشاف ـ بمزيد من التفصيل ـ مدى تأثير الإضاءة والضوضاء والحرارة على أداء الموظفين، حسب قياسات اختبارات الوظيفة التنفيذية والإنتاجية، واستطلاعات الإنتاجية المتوقعة، والتدابير الفسيولوجية. كما سيقيِّم الباحثون أيضًا كيفية تفاعل المتغيرات مع بعضها البعض، وهي التي تُحْدِث الأثر الأكبر على الأداء الفردي والجماعي، والآثار التراكمية لتغيير تلك المتغيرات. فمثلًا، قد تُظْهِر مثل هذه الدراسات في نهاية المطاف أن الغرف التي تحتوي على قدر كبير من الضوء الطبيعي، وتُضبط درجة حرارتها عند 21 درجة مئوية، مع انخفاض مستوى الضوضاء في الخلفية، تمثل البيئة الأسعد بالنسبة إلى الموظفين، حيث يقومون بالرد على رسائل البريد الإلكتروني بسرعة، أو يُدخِلون المعلومات في قواعد البيانات بدقة عالية.

تقول ماريانا فيجيرو، التي تدير برنامج الإضاءة والصحة بمعهد رينسلير بوليتكنيك في مدينة تروي بولاية نيويورك: "العالَم مكان متعدد المكونات، ولذلك.. فإن هناك فائدة من القيام بالأمر. هكذا هو العالَم الحقيقي". وتضيف: "إن هذه الدراسات في الغالب ستكون عالية التكلفة، وقد تكون مزعجة للغاية" من الناحية الإحصائية، الأمر الذي قد يصعب معه تفسير البيانات.

وحتى الدراسة التجريبية البسيطة نسبيًّا تنتج فعليًّا ما يقرب من 9 جيجا بايت من البيانات كل أسبوع. وكلما قام الباحثون بإشراك مجموعات أكبر، ومراقبة عدد أكبر من المتغيرات والنتائج؛ فقد يزداد هذا الرقم عشرة أضعاف.

وستزداد الصعوبات أيضًا مع بدء الفريق إجراء دراسات متلاحقة. يعكف نيكولاس كليمنتس ـ وهو مدير بمختبرات شركة «ديلوس» ـ على جمْع عينات من مايكروبيوم مساحة العمل، بما في ذلك أنواع البكتيريا، والفطريات، وغيرها، التي تعيش في زوايا الغرف، وفي الشقوق، وأيضًا على الأسطح التي يمسها الناس يوميًّا، إذ يعتقد العلماء أنه قد يكون من الممكن استغلال مايكروبيوم الأماكن الداخلية وتشكيله؛ من أجل تحسين صحة الإنسان، إلا أن الأبحاث التي تتناول هذه الفكرة لا زالت في مهدها.

> **«إننا نسير بمنهجية تشبه سلوك طفل في متجر حلوى».**

يقول كليمنتس: "نود أن ندفع هذا العلم نحو الأمام، ونأمل أن نتمكن من تحقيق ذلك ها هنا". وهو يخطط لاختبار ما إذا كانت هناك تدخلات بيئية معينة، مثل تغيير مواد الأرضيات والأسطح، أو تركيب «جدار أخضر» من النباتات الحية، تستطيع تغيير ميكروبات الغرف، أو صحة مَن يعملون بها. (كما سيتتبع تعرُّض المشاركين لملوثات الهواء داخل الأماكن المغلقة، مثل المركبات العضوية المتطايرة، التي تنبعث من الطلاء والأثاث).

كما أن هناك آخرين من هيئة تدريس «مايو كلينك» حريصون على استخدام هذا المرفق. ففي مطلع العام المقبل، ستبحث سوزان هولبيك ـ المتخصصة في هندسة العوامل البشرية ـ فيما إذا كانت المكاتب التي يستخدمها الموظفون وهم واقفون قد تحسِّن صحتهم مع وجود ـ أو عدم وجود ـ عوامل خطر معينة. وإذا كان الأمر كذلك، فما النسبة المثلى، وما الجدول الزمني الأمثل للوقوف والجلوس؟ أظهرت البحوث أن استخدام هذا النوع من المكاتب قد يتسبب في زيادة طفيفة في حرق السعرات الحرارية، بيد أن أدلة وجود فوائد صحية أكبر تبقى محدودة. تقول هولبيك: "هذه الدراسة أشبه بالحلم".

وإضافة إلى المساحات المكتبية، يحتوي المختبر حاليًّا على شقة صغيرة، سيستخدمها الباحثون لتعلُّم كيفية تصميم مساحات المعيشة التي تعمل على تحسين مقدار النوم وجودته بالنسبة إلى العاملين في النوبات الليلية، وما إذا كانت التغييرات في الدورات اليومية لدى هؤلاء العاملين ستؤثر على مجهريات البقعة الخاصة بهم، أم لا. وكلما اجتمع العلماء؛ أتوا بأفكار وافتراضات جديدة. فلربما يمكنهم تحويل الغرفة إلى فصل دراسي، أو يدرسون ما إذا كانت الإضاءة قد تقلل من سقوط كبار السن، أو يبحثون سبيل وجود أجواء مكتبية معينة بإمكانها أن تسهِّل عودة الأشخاص الذين تعرضوا لإصابات دماغية للعمل.

يقول باوير: "إننا نسير بمنهجية تشبه سلوك طفل في متجر حلوى. أمامنا فرص لا حصر لها تقريبًا، للبدء في الإجابة على تلك الأسئلة المهمة من قبيل 'كيف يمكننا تحسين البيئة الداخلية للأماكن المغلقة؟'".

تحديات معقدة

لا تزال هناك قائمة طويلة من أجهزة الاستشعار والتقنيات بحوزة قادة المختبر، التي يأملون في تطبيقها، كما يتطلعون إلى التوسع دوليًّا. وهم ليسوا الوحيدين؛ فهناك عدة فرق أخرى تتبنى نهجًا تفاعليًّا متعدد المتغيرات؛ لدراسة ردود أفعال الإنسان تجاه الظروف في الأماكن الداخلية، مستخدمين المرافق المرنة، بدءًا من مختبر الجودة الكلية للبيئة الداخلية، الموجود في جامعة سيراكيوز في نيويورك، حتى «سينس لاب» SenseLab في جامعة دلفت للتكنولوجيا في هولندا، الذي سيُفتتح في ديسمبر المقبل. إنّ تحقيق الطموحات الكبيرة قد يستلزم أموالًا طائلة. ولتغطية التكاليف، أشركت منظمة «مايو كلينك» وشركة «ديلوس» شركات ومنظمات أخرى في تحالف مختبر «ويل ليفينج». أسهم الأعضاء بمبالغ تتراوح بين 75 ألف، و300 ألف دولار، وهم يحصلون في المقابل على مزايا عديدة، منها الاطلاع المبكر على نتائج البحوث، وحضور مؤتمر القمة السنوي للمختبر، والحصول على خصومات على البحوث التي تمت تحت رعايتهم. وحتى هذه اللحظة، هناك تسع منظمات وقَّعت على الاتفاقيات، تنتمي هذه المنظمات إلى مجالات مختلفة، منها البناء، وإدارة الممتلكات، وتقنيات الرعاية الصحية، والتصنيع، والحوسبة.

ورغم أن المشارَكات المؤسسية ليست مستغرَبة في أبحاث بيئة المباني، إلا أن العلماء يقولون إنه لا بد للمختبر من اختيار أعضائه بعناية، والاتسام بالشفافية فيما يتعلق بمصادر التمويل، والعمل على ضمان الاستقلال العلمي. يقول مارموت: "في هذا المجال، الذي دائمًا ما كان مُهمَلًا، هناك الآن مَن يملك إمكانيات مادية كبيرة.. وأنا أعتقد أن كل ما يحدث يهدف إلى الصالح العام، لكن علينا التأكد من اتباع عمليات المراجعة العلمية المناسبة".

ومن جانبه، يقول باوير إن جميع الدراسات المقترحة ـ بما في ذلك الدراسات التي تتم تحت رعاية أعضاء التحالف ـ ستستلزم موافقة رؤساء المختبر واللجنة التوجيهية المشتركة وكذلك مجلس المراجعة المؤسسية بمنظمة «مايو كلينك». ويضيف: "أعتقد أننا كنا صريحين جدًّا مع الشركات المشارِكة بأن العضوية ليست تفويضًا مطلقًا".

يشعر العاملون في مختبَر «ويل ليفينج» بارتياح في المكان، كما لو كانوا في منازلهم. ورغم تعرُّضهم لتدخلات العلماء الجالسين خلف الزجاج، واستفزازاتهم، ومراقبتهم لهم، إلا أن المشاركين العشرة الأوائل أحبوا مكان عملهم المؤقت. فالمكاتب قابلة للتعديل، والكراسي مريحة، والنوافذ كبيرة. وعلى حد تعبيرهم، حتى الهواء يبدو أنقى مما كان في مكاتبهم القديمة، التي سيعودون إليها في النهاية. وهنا، يعلِّق موشكا قائلًا: "لا أريد العودة.. وأتمنى لو نبقى هنا لمدة عام". ■

إيميلي أنثيز صحفية متخصصة في العلوم، ومقيمة في مدينة نيويورك.

1. Ulrich, R. S. *Science* **224,** 420–421 (1984).
2. Figueiro, M. G. *et al. Clin. Interv. Aging* **9,** 1527–1537 (2014).
3. Bernhard, M. C., Li, P., Allison, D. B. & Gohlke, J. M. *Front. Nutr.* **2,** 20 (2015).
4. Pejtersen, J. H., Feveile, H., Christensen, K. B. & Burr, H. *Scand. J. Work Environ. Health* **37,** 376–382 (2011).
5. Heschong Mahone Group *Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance* (Pacific Gas & Electric Co., 1999); available at go.nature.com/2cdfmrq
6. Fang, L., Wyon, D. P., Clausen, G. & Fanger, P. O. *Indoor Air* **14** (Suppl. 7), 74–81 (2004).
7. Allen, J. G. *et al. Environ. Health Perspect.* **124,** 805–812 (2016).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تعليقات

STR/AFP/GETTY

أَسْهَم استعمال المضادات الحيوية للمواشي في تَصَاعُد المقاوَمة تجاه العقاقير حول العالم.

لِنَستعملْ مضادات الميكروبات بِرُشْد

يرى **بيتر إس. يورجنسن**، وديديه وِرنلي وزملاؤهما أنه يتعيَّن على الأمم المتحدة إعادة صياغة الإجراءات حيال مقاومة مضادات الميكروبات، على سبيل الدفاع عن مَوْرِد مشترَك.

أظهرت فعالية المضادات الحيوية تراجُعًا منذ أن أُدخلت إلى الطب الحديث من أكثر من 70 عامًا. واليوم، تشكل مسألة عدم قدرتنا على علاج حالات العدوى تهديدًا عالميًّا، لا يقل خطورة عن التغير المناخي[1,2]. ومن غير المرجَّح أن تتوفر الأنواع الجديدة من العقاقير المضادة للميكروبات على نطاق واسع خلال وقت قريب[1]، وعندما سيحدث ذلك ـ إذا حدث ـ فستُطَوِّر البكتيريا والفيروسات والميكروبات الأخرى مقاوَمة تجاهها من جديد[3]. على أيّ حال، فالحرب ضد الميكروبات ليست مستدامة[3]؛ فأجسامنا تعتمد عليها، وكذلك الكوكب بأسره[4] (انظر: معلومات تكميلية؛ go.nature.com/2c03p6n).

يتطلب التعامل مع مقاومة المضادات الحيوية عملًا جماعيًّا عالميًّا. فعلى غرار طبقة الأوزون، والمناخ المستقر، والتنوع البيولوجي، يمثل مجموع ما في العالم من الميكروبات الحساسة مَوردًا مشتركًا يتقاسمه الجميع، ولكن لا يوجد شخص أو بلد لديه دافع قوي بالقدر الكافي للحفاظ على هذه "الموارد المشاعة" التي استُنزفت بالفعل؛ نتيجةً للاستخدام المكثف لمضادات الميكروبات، وتنامي القدرة التنافسية للميكروبات المقاوِمة للعقاقير. إنها "مأساة «المشاعات»" الكلاسيكية.

يَرجِع تاريخ العلاقة الحميمة بيننا وبين الكائنات الحية الدقيقة إلى ما قبل البشر المعاصرين، وهي نتاج تطوُّر مشترك، امتد لملايين السنين. تحتاج أجسامنا إلى أنواع معينة من الميكروبات؛ للمساعدة في عملية الهضم، وتعزيز المناعة والصحة العامة. وبالمثل، ◄

◀ تدعم الميكروبات صحة كوكبنا، من خلال دورات العناصر المغذية، على سبيل المثال، بما في ذلك تلك التي تحافظ على جودة التربة والمياه[4]. وبعبارة أخرى؛ تعمل الميكروبات على استدامة الوجود البشري. ومع ذلك، ففَهْمنا للتفاعلات المعقدة والعوامل المجهولة التي تحكم العلاقات بين البشر والميكروبات ما يزال محدودًا.

تُقِرّ خطّة العمل العالمية بشأن مقاومة مضادات الميكروبات ـ في مسودتها التي أعدّتها منظمة الصحة العالمية «WHO» في عام 2015، بدَعم من منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة «FAO»، والمنظمة العالمية لصحة الحيوان «OIE» ـ بالحاجة إلى التعاون متعدِّد القطاعات؛ لمواجهة هذه المقاوَمة (انظر: go.nature.com/2bbijap)، ولكننا نرى أنها لا تذهب بعيدًا بما يكفي لاستيعاب مقدار الدعم الحيوي الذي نتلقاه من الميكروبيوم العالمي. ويُحتاج للتعامل مع المقاومة إلى تحجيم عاجل للإفراط الشديد في استعمال المضادات الحيوية؛ من أجل ضمان استمرار قابلية الأرض للحياة على المدى الطويل.

في 21 سبتمبر الماضي، اجتمع رؤساء الدول؛ لاتخاذ مزيد من الإجراءات في اجتماع رفيع المستوى للأمم المتحدة حول مقاومة مضادات الميكروبات في مدينة نيويورك. ويتوجب على إعلان الأمم المتحدة الذي جرت مناقشته أن يحدد الأهداف العالمية، ويسرّع تنفيذ خطة العمل العالمية، ويردم الثغرات، ويضمن مساءلة أقوى، وتنسيقًا أكبر بين الوكالات، كما يجب أن يؤكد على الفوائد الجمّة للميكروبات.

ينبغي أن تهدف الأطراف إلى بناء قدرة كل من المجتمع والميكروبيوم على البقاء والتعامل مع المتغيرات بمرونة. وفي رأينا، هذا هو السبيل للحفاظ على مستويات منخفضة من المقاومة، في خضم تغيُّرات مفاجئة عديدة في كوكب سريع التغير. وتقترح النتائج المستقاة من دراسة المرونة في موارد مشتركة أخرى ـ مثل مصائد السَّمَك والغابات[5] ـ عددًا من الخطوات الرئيسة؛ لمواجهة مقاومة مضادات الميكروبات، وهي التي وضعناها أدناه. ويتطلب تحقيق تلك الخطوات تغييرات في المؤسسات، والإجراءات المنظمة، والتعليم، والمعايير المجتمعية، وما يتوقعه الناس، لا سيما في الطب والزراعة.

عَلِّمْ لتتعلم

حتى الآن، ركّزت الاستثمارات السياسية والمالية ـ إلى حد كبير ـ على خلق حوافز للتشجيع على ابتكار عقاقير وأساليب تشخيصية أحدث وأسرع. في الوقت الحاضر، تبدو الحلول التقنية من هذا النوع جذابة ومفيدة بشكل خاص للدول الغنية في «العالم الشمالي». ويجب ألّا تقتصر الحوافز على تشجيع شركات الأدوية الكبيرة في الشمال فقط، بل يجب أن تدعم جهود البحث والتطوير على المستوى العالمي. ويجب أن يكون أحد أهم نتائج اجتماع الأمم المتحدة قَطْع التزامات وطنية بحملات تثقيف عامة أوسع وأكثر ابتكارًا حول المقاومة[2]، وأهمية عالم الميكروبات.

لماذا التثقيف؟ لأن مستوى الجهل بالكارثة ـ التي هي مقاوَمة مضادات الميكروبات ـ مفزع. فقد وجد استطلاع أجرته منظمة الصحة العالمية في عام 2015 في 12 دولة أنّ 64% من الجمهور يعتقدون أن المضادات الحيوية تفيد أيضًا في علاج حالات معينة من العدوى الفيروسية، مثل الإنفلونزا، ونزلات البرد (انظر: go.nature.com/2c7zvfu). وتدفع هذه الثغرات المعرفية البسيطة بالمرضى والأطباء إلى طلب المضادات الحيوية، دون تقدير للعواقب.



BOAZ ROTTEM/ALAMY

الوصول المحدود إلى مضادات الميكروبات جيدة النوعية في الدول النامية يؤدي إلى البيع غير المنظَّم للأدوية.

وبدلًا من ذلك.. يتعين على المؤسسات والمواطنين فهْم الحقائق المركزية، والحيثيات، والمخاطر؛ بما يتيح للأفراد التعلم بصورة أكثر استقلالية. يتطلب هذا الهدف مراجعة حملات التوعية، ومضاعفتها كمًّا ونوعًا[2]، وكذلك استغلال وسائل التواصل الجديدة. ففي تايلاند، انطلق مشروع الاستخدام الذكي للمضادات الحيوية في عام 2007، وبدأ بوضع توجيهات لرفع المستوى. إن هذا المشروع سيمكِّن المرضى من تشخيص أنفسهم في الصيدليات، استنادًا إلى مظهر التهاب الحلق لديهم، للتحقق مما إذا كانوا بحاجة إلى علاج بالمضادات الحيوية[6]، أم لا. ومن أجل مزيد من التعلُّم، ينبغي توسيع نطاق برامج «علم الجميع»، التي يراقب المشاركون فيها الميكروبيوم الخاص بهم، ليشمل مثلًا، اختبار المقاومة الذاتي في أجزاء مختلفة من الجسم[7].

ويمكن لحملات كهذه أن تشرِك عامة الناس في حلّ المشكلة، وأن تغيِّر القواعد المتعلقة بطريقة استخدام المضادات الحيوية، ووقت استخدامها. وستحتاج هذه الحملات إلى تنسيق دولي؛ من أجل الجودة والتأثير، ولتكييفها لتُناسِب وجهات النظر الإقليمية. ويمكن نشر المشارَكة عبر المدارس، ووسائل الإعلام والتواصل الاجتماعي.

انضمُّوا الآن

تؤثِّر المقاوَمة على صحة الحيوانات، والصحة البيئية، إضافة إلى تأثيرها على صحة الإنسان، ولذا، فهي تتطلب تنسيق الجهود في مختلف القطاعات الاقتصادية. ولا أدلّ على خطورة المقاومة، من ارتفاع معدل استخدام المضادات الحيوية في الزراعة (تُستخدم بشكل واسع كمسرِّعات للنمو، أو للوقاية من الأمراض). ففي الولايات المتحدة، تصل نسبة المضادات الميكروبية التي تُعطَى للمواشي إلى 70 - 80% من إجمالي المضادات الميكروبية المستهلَكة. ومن المتوقع أن يتضاعف الاستخدام الزراعي لها في بلدان الاقتصادات الصاعدة، المعروفة اختصارًا باسم «بريكس» BRICS (البرازيل، وروسيا، والهند، والصين، وجنوب أفريقيا) بحلول عام 2030، بالمقارنة بمستويات عام 2010[8] (انظر: "توقعات المزارع"). ونتيجةً لذلك، تدخل المضادات الحيوية والجينات المقاومة إلى السلسلة الغذائية، والتربة، والمياه الجوفية، مما يهدِّد صحة الإنسان.

لقد تخلَّص الاتحاد الأوروبي تدريجيًّا من استخدام المضادات الحيوية المهمة طبيًّا؛ لتعزيز النمو في الزراعة. وقد سعت دول أخرى ـ من ضمنها المكسيك وتايوان[9] ـ للحدّ من استخدامها، ففي الولايات المتحدة، ثمة توجُّه لعدم تشجيع استخدام المضادات الحيوية لتعزيز النمو من خلال تدابير تطوعية، ورقابة بيطرية أقوى على الاستخدامات العلاجية. ومع ذلك، فإن اللوبي الزراعي الصناعي القوي، وغياب الوعي بخطورة الأمر، أفْشَلَا حتى الآن جهودًا أكثر جدية.

إنّ تحركًا سياسيًّا أقوى لتغيير طريقة استخدامنا للمضادات الحيوية، سواء للبشر، أم للحيوانات،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يتطلب إبقاء المواطنين على اطلاع بدرجة أعلى، فمثلًا، يجب أن يتاح للجمهور الاطلاع عبر الإنترنت على المسوح التي تجري لمتابعة زيادة المقاوَمة البشرية في التجمعات القريبة من المزارع. وفي الوقت نفسه، تلعب مجموعات المستهلكين دورًا محوريًّا، وذلك بطلبها من سلاسل البيع بالتجزئة تغيير مصادر لحومها. وعلى سبيل المثال؛ استجابت السلاسل الغذائية الأمريكية التالي ذِكرها «تشيبوتل» Chipotle، و«ماكدونالدز» McDonald's، و«تشيك فيليه» Chick-fil-A (بدرجات متفاوتة) للمطالب الشعبية بفَرْض قيود أكثر صرامة على استخدام المضادات الحيوية في اللحوم التي تبيعها.

وهناك مسألة مثيرة للقلق بشكل خاص، لا تقتصر على استخدام مضادات الميكروبات في الإنتاج الغذائي، وهي الانتشار العالمي للجينات المقاوِمة، وخاصةً تلك التي تمنح مقاومة تجاه العديد من عقاقير «الملاذ الأخير». وفي الآونة الأخيرة، تم العثور على جين بلازميدي متنقِّل، يحمل مقاوَمة تجاه المضاد الحيوي «كوليستين»، الذي يُعَدّ ملاذًا أخيرًا، في آسيا، وأوروبا، وأمريكا الشمالية. ومن الواضح أن الدول لا يمكنها أن تتعامل وحدها مع المشكلة، دون المجازفة بفَقْد فوائد العولمة.

وهناك حاجة إلى اتباع إجراءات أفضل بكثير؛ لمراقبة واحتواء السلالات متعددة المقاوَمة، الأكثر خطورة في البشر، والمواد الغذائية[2]. وقد تتمكن مبادرة مراقبة عالمية روتينية من المساعدة في منْع انتشار المقاوَمة. فقد يكون بوسعها فحص قاصدي السياحة العلاجية، أو المرضى العائدين من مستشفيات في الخارج، لتحديد حاملي السلالات متعددة المقاوَمة. وقد تتمكن المستشفيات ـ التي تشكِّل مراكز للسفر الدولي؛ من أجل تلقِّي العلاج الطبي ـ مِن تَوَلِّي زمام المبادرة، كما تبتغي زيادة التمويل وآليات التعلم للمستشفيات الأخرى؛ لكي تحذو حذوها.

ولا يجب أن ننسى أنّ اللوائح الصحية الدولية التي راجعتها الدول الأعضاء بمنظمة الصحة العالمية في عام 2005 هي صك مُلزِم قانونًا، يهدف إلى توفير المراقبة والاستجابة العالمية، وأنها إذا مُوِّلَت بشكل صحيح؛ فبوسعها أن تكون فعالة[10]. ومع ذلك، فإن الموارد اللازمة لمواجهة الأمراض الناشئة لا تتدفق بما يتناسب مع البلدان منخفضة الدخل ومتوسطة الدخل، بخلاف الجزء الشمالي من العالم، ولنا في تفشِّي الإيبولا في الآونة الأخيرة عِظَة. وأمام جميع الحكومات مسؤولية جماعية؛ لتحسين قدرات الاستجابة السريعة تجاه المقاوَمة. وهناك حاجة إلى مزيد من الدعم من قِبَل الدول المانحة لآليّات التمويل الجديدة والقائمة، مثل الصندوق العالمي لمكافحة الإيدز والسل والملاريا، في البلدان منخفضة الدخل ومتوسطة الدخل.

توسيع التحالف

مِن الضروري توسيع التحالف الدولي والوطني، ففي الوقت الحالي تعزِّز خطة العمل العالمية التعاون القائم بين منظمة الصحة العالمية، ومنظمة الأغذية والزراعة، والمنظمة العالمية لصحة الحيوان. ويجب أن يمتد هذا التحالف؛ ليغطي قطاعات أخرى ذات صلة، ومن ضمنها قطاعات التجارة، والتنمية، والبيئة. ويُعَدّ النموذج الذي أنشأه برنامج الأمم المتحدة المشترَك لمكافحة الإيدز (UNAIDS) في عام 1996 خير مثال على كيفية تكثيف التعاون، وحشْد الموارد، وإزالة العوائق، وإشراك المزيد من الأطراف.

ويجب أن يلتزم اجتماع الأمم المتحدة بتسهيل التعلُّم بين المؤسسات؛ فهناك حاجة إلى مِنَصّات عالمية لتَبادُل أفضل الممارسات وأحدث البيانات حول مستويات المقاوَمة، ومستويات استهلاك مضادات الميكروبات بين الوكالات الوطنية، على سبيل المثال. ويتم مثل هذا التبادل في أوروبا، من أجل عدوى الدم البشري بالسلالات المقاوِمة، واستهلاك مضادات الميكروبات في البشر والحيوانات. ويجب أن يتم التوسع في ذلك، وصولًا إلى مراقبة المقاوَمة في المجتمعات والصناعات الغذائية والبيئة. ومن النماذج ذات الصلة بتبادل المعلومات على المستوى العالمي، نشير إلى الإطار الخاص بالتأهب لمواجهة وباء الإنفلونزا، الذي وضعته منظمة الصحة العالمية. ولإشراك الجمهور على نحو فعّال، فنحن بحاجة إلى تحديث مستمر، ورؤى حيوية، ووسائل تواصل تفاعلية.

ومثلما حدث في اتفاقية باريس للمناخ، يتعيَّن على الدول أن تلتزم أمام الأمم المتحدة بأهداف طوعية خاضعة للمراقبة، تتعلق بالحدّ من المقاومة. ويمكن للأطراف الذهاب إلى أبعد من ذلك بإمكانية تطبيق عقوبات على الجهات المتجاوزة. وتتمثل إحدى الأولويات الأساسية في وضع مؤشرات قابلة للقياس على المستوى القطري، مثل معدّل الاستهلاك السنوي من المضادات الحيوية للشخص الواحد.

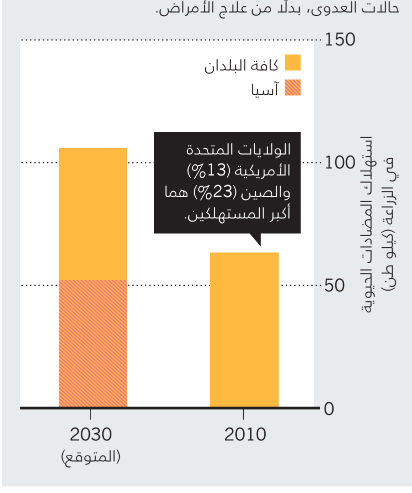
> «لا شك أنّ رفع قدرة العالَم على مواجهة المقاومة سيكون لعبة طويلة المدى».

وكما هو الحال بالنسبة إلى مسألة المناخ، يمكن للجهات الفاعلة غير الحكومية، سواء من قطاع الأعمال، أم من المجتمع المدني، أن تشكِّل مركزًا للتحولات المجتمعية. وقد استُشيرت جهات كهذه أثناء تطوير خطة العمل العالمية لمنظمة الصحة العالمية، ولكن مشاركتها على المدى الطويل يجب أن تصبح أكثر تكاملًا مع جهود التحالف العالمي المسؤول عن مواجهة المقاومة.

وتتراوح أدوات التحكم المتاحة بين المعاهدات المُلْزِمة، والمبادئ التوجيهية. هذا، ولكلّ نهْج إيجابياته، وسلبياته، ولعل الخطوة الأولى لجَعْل الشركات خاضعة للمساءلة هي التوصل إلى معايير دولية للترويج للمضادات الحيوية (وصلت قيمة الإنفاق الترويجي في الولايات المتحدة في عام 1998 إلى 1.6 مليار دولار أمريكي)، على غرار ما اعتمدته منظمة الصحة العالمية في عام 1981 بشأن تسويق بدائل حليب الأم.

توقعات المَزارع

بحلول عام 2030، قد يصل استعمال مضادات الميكروبات في المجال الزراعي في آسيا فقط إلى ما يعادل 82% من الاستهلاك الزراعي العالمي في عام 2010. وتُستهلَك العقاقير على نطاق واسع؛ من أجل تحفيز النمو، أو منْع حالات العدوى، بدلًا من علاج الأمراض.



اعملوا الآن

تستدعي خطورة المقاوَمة وتعقيدها تعبئةً جماهيرية فوريّة للمجتمع؛ فالحفاظ على قابلية تأثُّر الميكروبات بالعقاقير هو من صميم التنمية المستدامة في مجال الصحة العالمية. ويجب أن يؤدي تَحَسُّن فهْمنا للاعتماد البشري على الميكروبيوم العالمي إلى اتخاذ إجراءات تخصّ العديد من القضايا المهمة الأخرى المتعلقة بالكائنات الحية الدقيقة، مثل الأمراض المعدية، والأمن الغذائي، والموارد الطبيعية، والحفاظ البيئي. ويمكن للعمل هنا أن يقود بدوره إلى أشكال أكثر إنصافًا من تحقيق المزيد من أهداف التنمية المستدامة على المستوى الوطني[3].

ولا شك أن رَفْع قدرة العالَم على مواجهة المقاوَمة سيكون لعبة طويلة المدى، لكن التغييرات يمكن أن تكون سريعة على نحو مدهش، إذا ما تَحَرَّكنا في الوقت المناسب بخطة جاهزة. لقد كان اجتماع الأمم المتحدة رفيع المستوى في سبتمبر الماضي فرصة نادرة للعمل الجماعي العالمي؛ للتعامل مع العلاقة بين البشر والميكروبات بما يُؤَمِّن الحماية لكلٍّ من قوة المضادات الحيوية المنقِذة للحياة، والقدرة على استخدامها عند الضرورة. ■

بيتر إس. يورجنسن باحث في برنامج الديناميّات الاقتصادية العالمية والغلاف الحيوي بالأكاديمية الملكية السويدية للعلوم، ستوكهولم، السويد. **ديديه ورنلي** باحث رئيس مشارك في معهد الدراسات العالمية، جامعة جنيف، جنيف، سويسرا. **سكوت پي. كارول**، و**روبرت آر. دن**، و**ستيفان هربرث**، و**سيمون إيه. ليفين**، و**أنتوني دي. سو**، و**مايا شلوتر**، و**رامنن لكسميناريان**.
البريد الإلكتروني: psjorgensen@kva.se

1. Laxminarayan, R. *et al. Lancet* **387,** 168–175, (2016).
2. *Review on Antimicrobial Resistance: Tackling Drug-Resistant Infections Globally — Final Report and Recommendations* (Wellcome Trust, UK Government, 2016).
3. Carroll, S. P. *et al. Science* **346,** 1245993 (2014).
4. Whitmee, S. *et al. Lancet* **386,** 1973–2028 (2015).
5. Biggs, R. *et al. Ann. Rev. Environ. Res.* **37,** 421–448 (2012).
6. Bigdeli, M., Peters, D. H., Wagner, A. K. (eds) *Medicines in Health Systems: Advancing Access, Affordability and Appropriate Use* (World Health Organization, 2014).
7. Hulcr, J. *et al. PLoS ONE* **7,** e47712 (2012).
8. Van Boeckel, T. P. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112,** 5649–5654 (2015).
9. Maron, D. F., Smith, T. J. & Nachman, K. E. *Glob. Health* **9,** 48 (2013).
10. Wernli, D. *et al. PLoS Med.* **8,** e1001022 (2011).

تُوجَد معلومات إضافية وافية عن المؤلفين، مرفقة بهذا المقال على الإنترنت، فانظر: go.nature.com/2c03p6n.

تكنولوجيا

الصور الذاتية «السيلفي» في الفضاء

تقدِّم **ألكسندرا ويتز** قراءة تحليلية في كتاب يتناول العقول التكنولوجية المدبرة التي تقف وراء رحلات الفضاء التجارية الرفيعة.

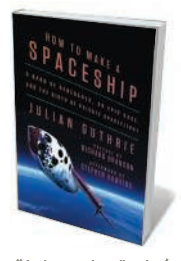
MARK GREENBERG/VIRGIN GALACTIC

في 4 أكتوبر 2004، قاد طيار الرحلات التجريبية الأمريكي، بريان بيني، إحدى العجائب المجنّحة إلى الفضاء، ذهابًا وإيابًا. فازت تلك المركبة الفضائية ـ التي تعمل بالدفع الصاروخي، المسماة «سبيس شيب وان» *SpaceShipOne* ـ بجائزة قدرها عشرة ملايين دولار أمريكي؛ باعتبارها أول طائرة فضائية تجارية تحقق هذا الإنجاز، وهو ما بَشَّر بميلاد صناعة السياحة الفضائية. وبعد عقد واحد، تحطمت المركبة «سبيس شيب تو» *SpaceShipTwo* أثناء قيامها برحلة تجريبية؛ إثر خطأ في التحكم، ارتكبه الطيار المساعد مايكل ألسبري، ودفع حياته ثمنًا له. حينها، بدا العمل الناشئ تحت شعار «التقِطْ لنفسك صورة في الفضاء» أبعد ما يكون عن الواقع.

في هذا السياق، تتناول الصحافية جوليان جوثري، في كتابها «كيف تصنع سفينة فضاء» *How to Make a Spaceship*، قصة رحلات الفضاء الخاصة؛ لتتيح للقراء الشغوفين بالتعرف على بدايات هذه القصة الغوصَ في أعماق الصور الأدبية الثرية والجذابة، التي يحفل بها الكتاب، عن حياة المهوسين بالفضاء، ورجال الأعمال، وهواة الطيران، الذين صنعوا «سبيس شيب وان». أمّا القراء الباحثون عن تحليلات عميقة عن علاقة هذا التاريخ برحلات الفضاء التجارية الحالية، فيتعين عليهم البحث في كتب أخرى. ما زالت السياحة الفضائية على قائمة المغامرات المثيرة التي يحلم بها المليارديرات؛ حتى إن وكالة «ناسا» قد تبنَّت رحلة فضائية خاصة، في مقابل نَقْلها معدات علمية، ومياهًا للشرب، وأكياس قمامة إضافية إلى محطة الفضاء الدولية.

كانت جوثري قد تناولت في كتابها السابق «الملياردير والميكانيكي» *The Billionaire and the Mechanic* (مطبعة جروف، 2013) السعي الدؤوب لرجل الأعمال لاري إليسون للفوز بكأس أمريكا لسباق اليخوت. أمّا في كتاب «كيف تصنع سفينة فضاء»، فتستعرض جوثري مهاراتها الفائقة في متابعة الأثرياء المتحمسين في تنافسهم المحموم للوصول إلى حافة الفضاء، الذي كان، ولا يزال ـ برغم انعدام الجاذبية الذي يربك المعدة، والإشعاعات القاسية ـ مصدر جذب وتنافس بين البشر، منذ عام 1961، عندما تمكَّن رائد الفضاء السوفيتي يوري جاجارين من الوصول إلى المدار.

يأتي بيتر ديامانديس في المرتبة الأولى بين المتسابقين المتعددين، وهو أحد الوجوه البارزة التي تعاقبت على حلم ارتياد الفضاء، وكان قد أسهَم في تأسيس مجموعة طلابية لاستكشاف الفضاء، وجامعة فضاء دولية، وهو في الثامنة والعشرين من عمره. يُصَنَّف ديامانديس ضمن المتعصبين للتكنولوجيا؛ إذ يحسب عدد الأيام التي عاشها، ويسلب لُبّه حقيقة أن معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا يميز مبانيه بالأرقام، بدلًا من تسميتها. يدور الجزء الأكبر من الكتاب حول جهود ديامانديس في إحداث طفرة في صناعة غزو الفضاء الخاصة. فعلى إثر حالة الإحباط التي أصابته من جرّاء إلغاء البعثات الفضائية، وأملًا منه في فك قيود هذه البعثات؛ لتتجاوز مجموعة رواد الفضاء المنتقين بعناية، اجتمع ديامانديس مع عدد قليل من أقرانه الشغوفين بالتكنولوجيا، وكان ذلك في شتاء عام 1994 بإحدى كبائن جبل كولورادو؛ حيث تفتقت أفكارهم عن تخصيص جائزة كبرى ـ أصبحت تُعرف بجائزة «إكس» X Prize (انظر: *Nature* **482**, 469; 2012) ـ بهدف الدفع بصناعة رحلات الفضاء التجارية قدمًا. وترصد جوثري محاولات ديامانديس للعثور على مموِّل لهذه الجائزة.



كيف تصنع سفينة فضاء مجموعة من المارقين، وسباق ملحمي، وميلاد صناعة رحلات الفضاء الخاصة

جوليان جوثري

بنجوين: 2016.

في عام 1996، حصل ديامانديس على دعم مبكر من مموِّلين من مدينة سانت لويس بولاية ميسوري، وهي المدينة التي ساعد مستثمروها ـ قبل حوالي 70 عامًا ـ تشارلز ليندبيرج على الطيران منفردًا من نيويورك إلى باريس فوق المحيط الأطلنطي، في رحلة هي الأولى من نوعها. واصل ديامانديس جهوده للحشد من أجل الفوز بجائزة «إكس» المغرية، التي تبلغ قيمتها 10 ملايين دولار. وهنا، تنتقل جوثري إلى المجموعة التالية من الحالمين، الذين تطلَّعوا إلى الفوز بالجائزة المالية. ومن بين هؤلاء.. بيرت روتان، أكبر خبراء هندسة الطيران، ومصمم الطيران غير التقليدي، وصاحب الريادة في العديد من التصميمات، التي منها تصميم الطائرة «فوياجر» *Voyager* ذات الأجنحة العريضة، التي طافت حول العالم في عام 1986، دون توقُّف، أو دون أن تُزوَّد بوقود إضافي. يدير روتان شركة باحثة عن التفرد في صحراء موجافي بولاية كاليفورنيا، حيث يفتح المهندسون والطيارون التجريبيون الآفاق بلا حدود أمام الطيران. كان روتان قد قرر ـ مدعومًا بأموال بول ألين، الشريك المؤسِّس لشركة «مايكروسوفت» ـ التنافس للفوز بجائزة «إكس»؛ إذ كان يحلم بتصميم ابتكاري، تنفصل فيه المركبة «سبيس شيب وان» عن الطائرة الحاملة، وتعمل محركاتها، وتتقدم نحو نقطة محددة بصورة عشوائية، حيث يبدأ الفضاء، على ارتفاع 100 كيلومتر.

تُلْقِي حكايات جوثري الضوءَ على بيئة روتان، أكثر من الرجل اللغز ذاته؛ فنلمح قلق الزوجة التي يتركها زوجها؛ ليحلِّق في السماء؛ لاختبار مركبة تجريبية، ونسمع عن المهندس الذي صغى مذعورًا في فبراير 2003 إلى أخبار تحطُّم مكوك الفضاء «كولومبيا»، بما حملته من مخاوف إزاء تعرُّض حياة الكثيرين للخطر.

يضم السرد شخصيات أخرى مفعمة بالحياة، مثل جون كارماك، مصمِّم ألعاب الفيديو، الذي أسَّس شركة «أرماديلو إيروسبيس» Armadillo Aerospace في مدينة ميسكوايت بولاية تكساس؛ بهدف الحصول على جائزة «إكس»، وستيف بينيت، الذي أرسل صاروخه «ستارتشيسر» Starchaser ليحلق فوق الجزء الشمالي الغربي من إنجلترا، والروماني

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الطائرة الفضائية المزعومة «سبيس شيب تو»، مثبتة أسفل حاملة الطائرات «وايت نايت تو».

دوميترو بوبيسكو، الذي وَظَّف زوجته ـ أثناء دراسته للهندسة ـ لمساعدته في بناء الصواريخ في الفناء الخلفي لمنزل أبيها. وتبرز في السرد أيضًا أسماء أكثر شهرة، مثل إيريك ليندبيرج، الذي أعاد تنظيم الرحلة، التي قام بها جده على متن طائرة حديثة؛ ليتمكن من مواجهة الضغوط النفسية الناجمة عن الإرث العظيم الذي خَلَّفته عائلته في هذا المجال، ولجَمْع الأموال اللازمة للفوز بالجائزة. من بين هذه الأسماء أيضًا سيدة الأعمال أنوشة أنصاري، ورجل الأعمال أمير أنصاري، اللذان وَظَّفا ثروتيهما الشخصية لرعاية جائزة «إكس»، (وفي النهاية، لشراء مقعد لأنوشة في الرحلة المتجهة إلى محطة الفضاء الدولية، وذلك في عام 2006). كما تضم القائمة الملياردير البريطاني ريتشارد برانسون، الذي ضمن وضع اللوجو الضخم الخاص بمجموعة «فيرجن» على أحد جانبي مركبة الفضاء «سبيس شيب وان»، بحيث تستطيع كاميرات التليفزيون التقاط صورة له في ضوء النهار.

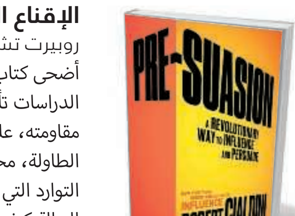
وترسم جوثري صورًا حية للتفاعل بين هذه الشخصيات في خضم تنافسها المحموم، قبل حلول الموعد النهائي للجائزة، الذي كان مقررًا في 4 ديسمبر 2004، إلا أن أحدًا من المنافسين لم يستطع مداناة المنافس العنيد، روتان، الذي حصد الجائزة؛ لتنظيمه رحلتين، قبل الموعد النهائي بخمسة أيام فقط.

يبقى سؤال لم يقدِّم الكتابُ إجابة عنه، يتعلق بما إذا كان هذا الوَلَه بارتياد الفضاء ـ المستمر على مدار عقد من الزمان ـ قد أَحْدَثَ تحوُّلًا بالفعل في رحلات الفضاء التجارية، فبدلًا من الإسهام في جائزة «إكس»، أَسَّس رجل الأعمال إلون ماسك شركة «سبيس إكس» SpaceX في مدينة هاوثورن، بولاية كاليفورنيا، التي تقوم حاليًّا بنقل الشحنات إلى محطة الفضاء (وسوف تقوم قريبًا بنقل روّاد الفضاء، بالتعاون مع شركة «بوينج»). كما تمكنت الشركة المنافِسة «بلو أوريجن» Blue Origin ـ التي أنشأها جيف بيزوس، مؤسِّس شركة «أمازون»، ولم تكن في دائرة الضوء حتى عام 2004 ـ من إثبات ريادتها منذ ذلك الحين بإطلاقها صواريخ شبه مدارية قابلة لإعادة الاستخدام، وموفِّرة للنفقات. ربما يحالف ـ أو لا يحالف ـ الرحلات الفضاء الخاصة نجاح اقتصادي على المدى الطويل، لكن يظل المعنى الحقيقي لسياحة الفضاء لم يتم التعبير عنه على أرض الواقع بعد.

وخلاصة الأمر.. أن كتاب «كيف تصنع سفينة فضاء» يتناول ـ في الأساس ـ العمل التجاري المنظم، المطلوب لتدشين مشروع كهذا، دون أن يلقي الضوء على التفاصيل الفنية، والتاريخ اللاحق. كما يتجاهل الكتاب الحادث القاتل للمركبة «سبيس شيب تو»، ويأتي على ذكره متأخرًا في الخاتمة، دون ذكر انفجار أحد المحركات التجريبية في عام 2007، الذي أودى بحياة ثلاثة من موظفي روتان. ورغم ذلك.. تواصل شركة «فيرجن جالاكتيك» Virgin Galactic ـ المملوكة لبرانسون ـ بيع مقاعد على متن رحلات الفضاء المستقبلية، مقابل ربع مليون دولار للمقعد الواحد. وتتوقع الشركة أن تكون قادرة على إرسال المركبة «سبيس شيب تو» ـ المُعَاد بناؤها ـ إلى الفضاء في أولى رحلاتها التجريبية في وقت لاحق من هذا العام. ■

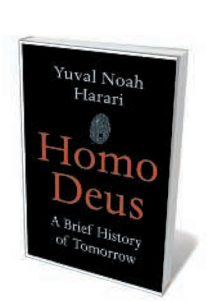
ألكسندرا ويتز تكتب لدورية *Nature* من بولدر في كولورادو.
البريد الإلكتروني: witzescience@gmail.com

ملخصات كتب



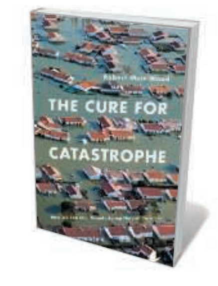
الإقناع المسبَق: طريقة ثورية للإقناع والتأثير
روبيرت تشالديني، سايمون آند شوستر (2016)

أضحى كتاب «إنفلوينس» *Influence* (ويليام مورو، 1984)، دون منازع، واحدًا من أكثر الدراسات تأثيرًا في العِلم السلوكي، ويمثل انتصارًا للبحث الميدانيّ في الإقناع وكيفيّة مقاومته، على يد عالِم النفس الاجتماعي روبيرت تشالديني. وهنا، يقلب تشالديني الطاولة، محلِّلًا كيفية الإعداد للإقناع بالتجهيز؛ لشَدّ الانتباه في البداية، وتحديد أنماط التوارد التي تُفْضِي إلى تغيير وجهة النظر. تبيِّن استكشافاته المنشورة هنا ودراسات الحالة كيف يمكن لنقاط التلاقي بيننا أن تحدِّد مَن نراهم أشخاصًا مؤثِّرين، وكيف يمكن إقناع الأطفال الصغار بأنْ يصبحوا متعاونين، وكيف يمكن للّغة أن تصبح نقطة ارتكاز في المفاوضات الحامية.



هومو دوس: موجز لتاريخ الغد
يوفال نواه هاراري، هارفيل سيكر (2016)

كان كتاب «سابيينز» *Sapiens* ـ الأكثر رواجًا، الذي كتبه المؤرخ يوفال نواه هاراري (هارفيل سيكر، 2014؛ انظر: *Nature* **512**, 369; 2014) ـ بمثابة أطروحة لاذعة لما يراه من ارتفاع عنيد لمكانة أجناسنا للهيمنة على العالَم. وفي كتابه الجديد اللاذع بالدرجة نفسها، يجادل هاراري في كَوْن النموذج البيولوجي الذي يختار الكائنات وكأنّها خوارزميات كيميائية حيوية، يشكِّلها الانتقاء الطبيعي، يمكنه أن يفتح الطريق للهيمنة من قِبَل الخوارزميات الحاسوبية المتّصلة ببعضها البعض. يرى أنه بما أنّ محرّكات البحث ووسائط التواصل الاجتماعي تخزِّن تاريخ حياتنا وتطوُّرات الذكاء الاصطناعي؛ فيمكن لوفرة المعطيات ومبدأ كون البيانات هي محور كل شيء (dataism) وَضْع البشرية في مهبّ الريح.



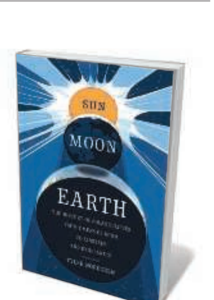
علاج الكوارث: كيف يمكننا إيقاف نزيف الكوارث الطبيعيّة
روبيرت موير وود، وان وورلد (2016)

بدءًا من الزلزال الذي حدث في وسط إيطاليا في شهر أغسطس الماضي، وحتى كارثة فوكوشيما في عام 2011، حدثت عدة كوارث "طبيعية" متتابعة من جرّاء البناء غير المطابِق للمواصفات، وانعدام التهيئة للكوارث، وكذلك الجمود السياسي. تضع دراسة روبيرت موير وود ـ خبير الكوارث ـ العِلم في صدارة المشهد.. إذ تمر عبر قرون من الكوارث المؤلمة، وعلى وجوه بارزة، مثل عالِم الزلازل شارلز ريشتر، كما تضع توقعات لتعقيدات التأمين (تظهر المباني الخرسانية متعدّدة الطوابق وكأنّها «أسلحة دمار شامل» عند حدوث زلازل)، إضافة إلى كونها تمثل وصفة عملية مفصّلة؛ لمقاوَمة الكوارث.



المنتقِم
ألاستير رينولدز، جولانش (2016)

تحفة الخيال العلمي الأخيرة هذه، التي كتبها عالِم الفيزياء الفلكية ألاستير رينولدز، هي أشبه بعرض أوبرا فضائي سريع الإيقاع، يجري في كون مستقبلي بعيد، حيث تتمسّك حضارة مشتّتة بمجموعة من العوالم الاصطناعية. ينضم المراهقان المتمرّدان «فورا» وأدرانا» إلى طاقم سفينة تعمل بالطاقة الشمسية، راكِبَين رياح الفوتونات؛ بحثًا عن التقنيات التائهة في الأعماق المَجَرِّيّة. يعمد رينولدز إلى جَعْل قصّة الإنسانية تتنزّل عنوة في سياق سردي، متوَّجة بكثير من الشخصيات الغريبة، المدفوعة بالرغبة في الانتقام. وبذلك.. تضرب كل شيء بشكل مثير، بدءًا من رواية «جزيرة الكنز» *Treasure Island* لروبيرت لويس ستيفنسن، حتى فيلم «ماد ماكس» *Mad Max*.



الشمس، والقمر، والأرض
تايلر نوردجرين، بازيك (2016)

في يوم 21 من شهر أغسطس في عام 2017، سوف تشهد الولايات المتحدة أوّل كسوف كلّي للشمس منذ 40 عامًا. يضع الكتاب التمهيدي لعالِم الفلك تايلر نوردجرين الأسّس لهذا الحدث، ففي سياق تاريخي مشوّق يأخذنا من تفسير أناكساجوراس للكسوف في القرن الخامس قبل الميلاد إلى اختبار أرثر إدينجتون لنظرية النسبية العامّة الخاصة بآينشتاين، وذلك أثناء الكسوف الكلي في شهر مايو من عام 1919. يُعَدّ كتاب نوردجرين بمثابة دليل رائع لكل من الجانب العلمي، وجانب الإثارات الحسية، مثل بريق خرز «بيلي»، أو الشفق العجيب المصاحِب للكسوف الكلّي. **باربرا كايسر**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الطاقم الأصلي لسفينة الفضاء «يو إس إس إنتربرايز».

CBS VIA GETTY

خيال علمي

مستمـــر بجـــرأة منذ 50 سنـــة

يستعرض **سيدني بيركوفيتز** تأثير سلسلة «ستار تريك» على العلوم، والتكنولوجيا، والمجتمع.

قبل نصف قرن من الآن، وتحديدًا في شهر سبتمبر من عام 1966، أُذيعت الحلقة الأولى من مسلسل «ستار تريك» على شاشة شبكة «إن بي سي» التليفزيونية الأمريكية. كان ذلك قبل ثلاث سنوات من قيام وكالة الفضاء الأمريكية «ناسا» ـ لأول مرة ـ بإنزال بَشَر على سطح القمر، إلا أنه سرعان ما صار هذا المسلسل المبتكر يأخذ المشاهدين بسرعة كل أسبوع لمدة عدة سنوات ضوئية فيما وراء حدود المجموعة الشمسية. وبعد إخفاق لمرات عديدة، استطاع المسلسل أن يصل إلى مكانة عالية مع فريق سفينة الفضاء «يو إس إس إنتربرايز» *USS Enterprise* ـ الفريد من نوعه ـ بقيادة القبطان جيمس تي. كيرك (قام بدوره الممثل وليم شاتنر). ومن ثم، تم الترويج له، وانبثقت منه 6 مسلسلات تليفزيونية متتابعة حتى عام 2005، كما يوجد الآن 13 فيلمًا روائيًّا، إضافةً إلى فيلم «ستار تريك بيوند» *Star Trek Beyond*، الذي كان العرض الأول له في شهر يوليو من العام الجاري.

يكمن جزء من سحر عالَم سلسلة «ستار تريك» المستمر في مزيجه الناجح من تكنولوجيا القرن الثالث والعشرين، والتنوع والتعقيد الملحوظين اللذَين يتجلّيان في الكائنات ـ البشر، وغيرهم ـ التي أبدعها صانع المسلسل جين رودينبيري وكُتّابه. فكما جاء على لسان رودينبيري: "نحن نركِّز على الإنسانية". فقد كشف المسلسل عن أخلاقياته في وقت شهد استعار حرب فيتنام، وانتشار الاحتجاجات المناهِضة للحرب، إضافة إلى التوترات العرقية، التي بلغت أوجها في أحداث الشغب الكبرى التي حدثت في المدن الأمريكية في الفترة بين عامي 1967، و1968. زد على ذلك أن «اتحاد الكواكب» الذي أتى به رودينبيري ـ وهذا الاتحاد هو هيئة تشبه هيئات الأمم المتحدة، لكنها مختصة بالمجرّة ـ هو مجتمع متقدِّم، يملك تكنولوجيا متقدمة. وفي بداية كل حلقة من حلقات «ستار تريك، المسلسل الأصلي» TOS، نستمع إلى الأهداف غير العسكرية التي تسعى إلى تحقيقها سفينة «إنتربرايز»: "أن نستكشف عوالم جديدة وغريبة، وأن نبحث عن حياة جديدة وحضارات جديدة، وأن نمضي بكل جرأة إلى حيث لم يمض بشر من قبل"، (تغيرت الفقرة الأخيرة لاحقًا إلى "لم يمض أحد من قبل").

على مر العقود، ألهبت أشكال التكنولوجيا المختلفة التي تضمّنها عالَم «ستار تريك» مخيلات الفيزيائيين، والمهندسين، والمتخصصين في علم الروبوت. ولعل الابتكار الأكثر إثارة وجاذبية هو «محرك الالتواء»، وهو نظام الدفع الذي يحيط سفينة «إنتربرايز» بفقاعة من نسيج الزمان والمكان المشوَّه، ويدفع السفينة بسرعة تفوق سرعة الضوء؛ لتقطع عدة سنوات ضوئية في غضون أيام أو أسابيع. وفي عام 1994، أوضح عالِم الفيزياء النظرية ميجيل ألكوبييره إمكانية وجود مثل هذه الفقاعة في إطار نظرية النسبية العامة، الخاصة بألبرت أينشتاين، إلا أنها ستتطلب كميات هائلة من الطاقة السالبة، المعروفة أيضًا بالمادة العجيبة (M. Alcubierre *Class. Quantum Grav*. 11, L73; 1994).

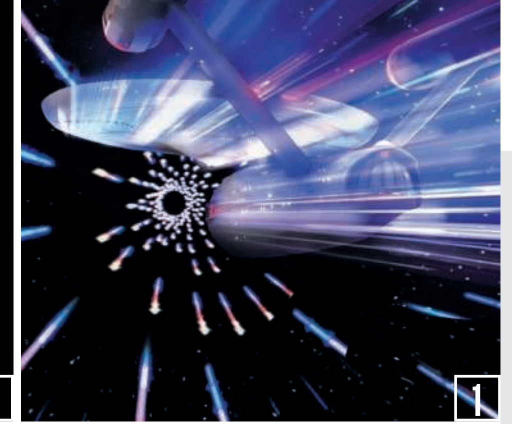


ولا يُعرف لهذه المادة وجود، إلا بكميات بالغة الصغر على الأرجح، ويتكهن بعض الفيزيائيين بأن «محرِّك ألكوبييره» قد يتسبب في فناء النظام النجمي المقصود. بينما يظل «محرك الالتواء» شيئًا خياليًّا حتى الآن.

ظَهَر في المسلسل تطبيق آخر لنسيج الزمان والمكان الملتوي، تَمَثَّل في جهاز ساتِر، يحجب المركبة الفضائية عن الرؤية، عن طريق كَسْر أشعة الضوء من حولها. ففي عام 2006، قام المهندسان الكهربائيان ديفيد سميث، وديفيد شوريج بصنع رداء كهرومغناطيسيّ من مواد استثنائية الخصائص، يخفي أي جسم عن الموجات الميكروية، عن طريق كسرها، بحيث تسير من حوله، مثلما يجري الماء ملتفًّا حول أي عقبة تعترض مساره (D. Schurig *et al*. *Science* **314**, 977–980; 2006). وفي الوقت الحالي، تُستخدم "تكتيكات" تضليلية مماثلة؛ لإخفاء أجسام صغيرة تحت الضوء المرئي، مثل ما فعله المهندس الكهربائي زينجي ني وزملاؤه، الذين ابتكروا رداء رقيقًا يبلغ سُمْكه 80 نانومترًا؛ لأداء هذه المهمة (X. Ni *et al*. *Science* **349**, 1310–1314; 2015).

إن الناقلة العجيبة «إنتربرايز» ـ التي تزيل القوام المادي للأشخاص والأشياء، وتنقلهم بشكل آنيّ (ما أوحى بعبارة «بِيم مِي أب»، أو «ابعثني على شكل إشعاع») ـ جاءت بغرض توفير تكاليف عمليات الهبوط المتكررة التي تقوم بها السفينة الفضائية. ولهذا الابتكار نظير حقيقي في النقل الآنِيّ الكَمِّيّ. ففي عام 2015، على سبيل المثال، سَخَّر الباحث المتخصص في علم البصريات الكمية، هيروكي تاكيسو، وزملاؤه فكرة التشابك؛ لإرسال خصائص فوتون معين إلى

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية







التكنولوجيا في عالم «ستار تريك»

مَثَّلت أشكال التكنولوجيا المستقبلية التي ظهرت في المسلسل مصدر إلهام لابتكارات حقيقية، بعضها أكثر تقدمًا من البعض الآخر. فقد اقتُرحت نسخة من «محرك الالتواء»، الذي دفع «يو إس إس إنتربرايز» بسرعة تَخَطَّت سرعة الضوء (1) على يد الفيزيائي ميجيل ألكوبييره في عام 1994 (2)، لكنها تظل مجرد تصور. أما جهاز «تريكودر» التشخيصي (3)، فقد صار واقعًا بالفعل في جهاز «سكاوت» (4)، الذي أنتجته شركة «سكانادو»، وفي التطبيق الخاص به، الذي يقيس العلامات الحيوية، كضغط الدم.

1: ILLUSTRATION: N. ACOSTA, STAR TREK IMAGERY: CBS/VIACOM; 2: H. WHITE & M. RADEMAKER; 3: XPRIZE; 4: KIM KULISH/CORBIS VIA GETTY

فوتون آخر، عبر 100 كيلومتر من الألياف الضوئية (H. Takesue *et al*. *Optica* **2**, 832–835; 2015). أمّا فيما فوق المستوى الذري، فما زال أمامنا طريق طويل، حتى نصل إلى إمكانية نقل كائنات ـ أو أشياء ـ بأكملها آنيًّا.

وهناك تقنيات أخرى تَضَمَّنها عالم سلسلة «ستار تريك»، استطاعت توقُّع الاتجاهات الحديثة، قبل الوصول إليها، فجهاز «تريكوردر» ـ الذي يستخدمه طبيب «ستار تريك: المسلسل الأصلي» ليونارد «بونز» ماكوي (قام بدوره الممثل دي فورست كيلي) للتشخيص ـ انبثقت منه أجهزة حقيقية، كجهاز «سكاوت» SCOUT، الذي طورّته شركة «سكانادو» Scanadu للتكنولوجيا الطبية في موفيت فيلد بولاية كاليفورنيا. وفي هذه الأثناء، نجد أجهزة تَتبُّع النشاط تؤدي بالفعل مهام الرصد الأساسية للحالة الصحية، مسجلةً سرعة النبض، ومقدار ما يَستهلِك المرء من سعرات حرارية، وجودة ساعات نومه.

بدأ الذكاء الاصطناعي يخرج إلى النور في تقنيات معينة، كالتعرف على الكلام بواسطة برنامج المساعد الشخصي «سيري»، الذي طورّته شركة «أبل»، و«سيارة جوجل» ذاتية القيادة، والروبوت «أطلس»، الصالح للسير على كل أنواع التضاريس، الذي أُنشئ لصالح وكالة مشروعات البحوث المتقدمة التابعة لوزارة الدفاع. وكلها تطورات مهمة، يمكنها تمهيد الطريق إلى شيء مقارب للرائد البحري داتا (قام بدوره الممثل برينت سباينر)، ذلك الروبوت الحساس الذي ظهر لأول مرة في المسلسل التليفزيوني «الجيل التالي» *The Next Generation* في أواخر الثمانينات.

أمّا نظام «هولوديك»، الذي يظهر في عالم «ستار تريك» ـ وهو بيئة واقع افتراضي، يزور فيها أفراد طاقم السفينة «إنتربرايز» صورًا إسقاطية للمواقع ـ فيَفُوقنا بسنوات أيضًا، إلا أن هناك تقدُّمًا هائلًا في هذه التكنولوجيا يجري على قدم وساق؛ إذ يتيح جهاز العرض الذي يتم ارتداؤه على الرأس «أوكولوس ريفت» Oculus Rift ـ على سبيل المثال ـ تجربة واقع افتراضي مرئية ومسموعة، بيد أنه يجب ربطه بجهاز حاسوب، وبالتالي فهو يخفق في تحقيق تجربة «هولوديك» كاملة.

كما يجري الآن تكييف الطابعات ثلاثية الأبعاد، التي تعمل بوضع طبقات متتالية من المادة بعضها فوق بعض؛ مكوِّنةً أشكالًا متشابكة، للتعامل مع الأطعمة. وربما تكون هذه خطوة إلى الأمام نحو آلات استنساخ الوجبات الموجودة على متن «إنتربرايز». فقد قام مختبر الآلات الإبداعية ـ الذي كان يوجد آنذاك في جامعة كورنيل في مدينة إيثاكا في ولاية نيويورك ـ بتصميم نموذج في إطار مشروع الوصول المفتوح التابع لـ Fab@Home، كما تروِّج شركة «ناتشورال ماشينز» Natural Machines ـ الكائنة في مدينة برشلونة الإسبانية ـ لطابعتها «فوديني» Foodini، باعتبارها ابتكارًا يبسِّط صنع الأطعمة ذات القوام أو الطبقات، مثل مكرونة الـ«رافيولي».

وبوجه أعمّ، بل وعلى نحو له دلالة أكبر على المدى الطويل، أثار عالم «ستار تريك» الحماس تجاه استكشاف الفضاء والعلوم. ففي عام 1975، أقنع عشاق المسلسل وكالة «ناسا» بتسمية مكوكها الفضائي الاختباري المداري الأول «إنتربرايز» (ولم يتم تزويده بالطاقة قط، ولم يصل إلى الفضاء أبدًا). كما وجد كثير من علماء المستقبل الشباب في السلسلة مصدر إلهام لهم.

ولم تكن الرسالة الاجتماعية التي يبعث بها المسلسل تقل أهمية عن كل ذلك، إذ ضمنت أخلاقيات الاتحاد التلويح بالسلام من قِبَل القبطان كيرك، وكذلك قبطان مسلسل «الجيل التالي» جين لوك بيكارد (قام بدوره الممثل باتريك ستيوارت)، ومَن جاء بعدهما، حتى عند مواجهة أجناس أجنبية، كشعب «كلينجون» بميله الوراثي إلى العدوانية. وكانت الحلقة التي أُذيعت في شهر فبراير من عام 1968 بعنوان «حرب خاصة صغيرة» A Private Little War ـ وهي حلقة رمزية عن فيتنام ـ مثالًا واضحًا على ذلك. كان رودينبيري يؤمن بضرورة أن تتعلم البشرية كيف تستمتع بالاختلاف، حتى بين صور الحياة المختلفة والكائنات الفضائية الأجنبية خارج كوكب الأرض، وكيف تهيِّئ نفسها لـ «ملاقاة التنوع الموجود حتمًا هناك».

> «وجد كثيرٌ من علماء المستقبل الشباب في السلسلة مصدر إلهام لهم».

يظل تصوير «ستار تريك» للتنوع البشري، ورفضه التورط في نزعة الخصوصية القومية إنجازَيْن بارزين يُحسَبان له. فقد ضمّ طاقم «ستار تريك: المسلسل الأصلي»، الذي ظهر في زمن يتسم بالإقصاء العنصري في التليفزيون الأمريكي، الرائد نيوتا أوهورا (قامت بالدور الممثلة نيشيل نيكولز)، وكان هذا أول دور بارز لامرأة أمريكية من أصل أفريقي في مسلسل تليفزيوني أمريكي، إضافة إلى مدير الدفة الآسيوي هيكارو سولو (قام بدوره الممثل جورج تاكي)، والملاح الروسي بافيل تشيكوف (قام بدوره الممثل والتر كينيج)؛ ولا ننسى بالطبع الأداء الرائع للممثل ليونارد نيموي في دور القائد النصف فولكاني سبوك. وظهر الضابط الأمريكي الأصلي الأول تشاكوتاي (قام بدوره الممثل روبرت بلتران) في مسلسل «فوياجر» *Voyager*، الذي أُذيع في الفترة من 1995 إلى 2001. وكانت كفة الميزان بين الجنسين تميل بشدة نحو الذكور، إلى أن ظهرت قبطان «فوياجر» كاثرين جينواي (قامت بدورها الممثلة كيت مولجرو) مع كبيرة المهندسين النصف كلينجونية بيلانا توريس (قامت بدورها الممثلة ذات الأصول اللاتينية روكسان دوسون). وقد ازدادت تأثيرات المسلسل على العالم الحقيقي،إذ رَوَت نيكولز ـ على سبيل المثال ـ كيف أن زعيم الحقوق المدنية الأمريكي مارتن لوثر كينج حضّها على البقاء في المسلسل عندما كانت تدرس الانتقال إلى مسارات مهنية أخرى. وكانت شخصيتها بدورها مصدر إلهام لرائدة الفضاء ماي جيميسون، وهي أول امرأة أمريكية من أصل أفريقي ترسلها وكالة «ناسا» إلى الفضاء.

بعد مرور خمسين سنة، ما هي أوجه الشبه والاختلاف بين عالَمنا، وعالَم رودينبيري؟ إن التغيرات التي تشهدها التكنولوجيا تغييرات تحويلية، وعلى الرغم من أن السفر بين النجوم لم يصبح واقعًا بعد، إلا أن بعثة وكالة «ناسا» البشرية المتوقَّع إرسالها إلى المريخ في ثلاثينات القرن الحالي تسير على خُطَى حُلم "أن نمضي بكل جرأة"، فالقيم الاجتماعية التقدمية التي كان لمسلسل «ستار تريك» السبْق فيها على شاشة التليفزيون صارت الآن معتنَقة على نطاق أوسع كثيرًا، لكن ظهرت صراعات وأزمات جغرافية سياسية جديدة، على الرغم من الجهود التي يبذلها اتحادنا الأرضي، أي الأمم المتحدة. وفي خضم هذه التحولات والتوترات، يواصل هذا العمل عالي التأثير بنُسَخه المختلفة حمل رسالة دقيقة، لكن واضحة، مفادها أنه بإمكاننا أن نصبح أفضل مما نحن عليه الآن. ■

سيدني بيركوفيتز يشغل كرسي تشارلز هوارد كاندلر كأستاذ فخري للفيزياء بجامعة إيموري في أطلانتا بولاية جورجيا، وكثيرًا ما يكتب عن العلوم والتكنولوجيا والثقافة. ومن أحدث كتبه: «يونيفرسال فوم 2.0» *Universal Foam 2.0* و«فرانكنشتاين 2018» (قيد الإعداد) *Frankenstein 2018*.
البريد الإلكتروني: physp@emory.edu

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



علم المناخ

فَكّ شفـــرة الإنكـــار

يستمتع **ديف ريي** بتاريخ طريف للتشويش على علم المناخ في الولايات المتحدة.

يحتل الرسم البياني الشهير، الذي يتخذ شكل «عصا الهوكي»، والذي أعدَّه أخصائي علم الفيزياء الأرضية مايكل مان، وعرض فيه تغيُّر درجات الحرارة العالمية خلال الألف عام الأخيرة، مرتبةً عالية بين الصور ذات الأثر العظيم في مسيرة التغير المناخي. وتشمل المؤثرات الأخرى منحنى «كيلنج» للتغيُّر في تركيزات ثاني أكسيد الكربون، وتعبير «الضفدع المغليّ» المجازي، الذي استخدمه آل جور في فيلمه الوثائقي «الحقيقة المزعجة» *An Inconvenient Truth*، الذي عُرض في 2006. يظهر الشكل التوضيحي الذي أَعَدَّه مان (ونشره في الورقة البحثية بالغة الأهمية: M. E. Mann *et al*. *Geophys*. *Res*. *Lett*. **26**, 759–762; 1999)، في المحاضرات الأساسية في علم المناخ حول العالم، كما يُعَدّ حجر الأساس لتقرير التقييم الثالث الذي أصدرته الهيئة الحكومية الدولية المعنيَّة بتغيُّر المناخ في 2001، وما زال يثير حفيظة المنكِرين للتغير المناخي (S. Lewis *Nature* **483**, 402–403; 2012). فمَن إذَن أجدر مِن مان باستكشاف تاريخ إنكار التغيُّر المناخي، وتداعياته؟

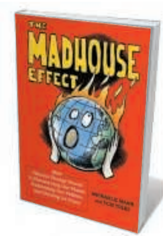
يمتاز كتاب «تأثير بيت المجانين» بأنه تفاعلي وممتع، تتخلله رسوم توضيحية فَكِهَة، أعدَّها رسام الرسوم المتحركة توم تولز، الذي يعمل في صحيفة «واشنطن بوست». ويقدِّم الكتاب إضاءات على الحياة في خط جبهة مقاومة التشويش على علم المناخ في الولايات المتحدة. ونقرأ فيه عن مجموعة العلماء الخارجين عن الإجماع، الذين يتم استدعاؤهم روتينيًا؛ ليشككوا في ثقب الأوزون، وفي تغيُّر المناخ بفعل البشر، (إضافة إلى التشكيك في التدخين السلبي، ومخاطر المبيدات الحشرية). ونقرأ في الكتاب أيضًا عن الإعلاميين اللاهثين وراء نِسَب المشاهدة العالية، والسماع من خلال الراديو، باتباع أسلوب الصدمة، بإعطاء مساحة متساوية لكلٍّ من الإجماع العلمي، والقِلَّة المنكِرة.

كما يُبْرِز المؤلفُ المصالح المتضاربة في عالَم السياسة الأمريكيّة، وتأثيرها على الإجراءات المخففة التي تتخذها الولايات والجهات الفيدرالية بشأن التغير المناخي، رغم فداحة الخَطْب.

يستهل مان الكتاب بإلقاء نظرة شاملة على الأسلوب العلمي، وعلم الاحترار العالمي، والشكوك بشأنه، مثل آليات ردود الأفعال، التي يقوم فيها الاحترار ذاته بتعزيز انبعاثات الغازات الدفيئة، مما يؤدي إلى زيادته. ويقوم المؤلف وتولز باستكشاف «المراحل الست للإنكار»، التي تبدأ من "الاحترار العالمي أكذوبة"، إلى "سوف يصحِّح الاحترار نفسه بنفسه"، وانتهاءً بالقول إنّ "الهندسة الجيولوجية ستحل المشكلة تمامًا".

أمّا أفضل ميزات الكتاب، فهي استكشافه للجدل الدائر في الولايات المتحدة، وفَضحه لأبرز المنكِرين للاحترار العالمي. ومع دنوّ انتخابات الرئاسة، من المفيد التعرف على مواقف اللاعبين الأساسيين. ويُذكَر أنه في وقت صدور هذا الكتاب في يوليو الماضي، كان أغلب المتنافسين على الترشح عن الحزب الجمهوري ـ ولا عجب ـ يجاهرون بانتقاد عِلم المناخ، والجهود العالمية للتصدي للاحترار العالمي. كما أن مرشح الحزب الجمهوري الحالي، دونالد ترمب، يرغب في إعادة التفاوض حول اتفاقية باريس للمناخ لعام 2015، أو الانسحاب منها، بعدما انضمَّ إليها الرئيس باراك أوباما في شهر سبتمبر، واصفًا التغير المناخي بأنه "خدعة"، غير أن مان يرى أن بعض المرشحين تأثَّروا بالقوى السياسية والمالية الخفية وراء صناعة الوقود الأحفوري، التي تقوم ـ على ما يبدو ـ بتمويل أنشطة المنكِرين، وتضغط على الجهات المعنية لمصالحها الخاصة.

يناقش المؤلِّفان الكيفية التي يشنّ بها السيناتور الجمهوري عن ولاية أوكلاهوما، جيم إنهوف، "حربًا" على



تأثير بيت المجانين: كيف يهدد إنكار التغير المناخي كوكبنا، ويفسد سياستنا، ويدفعنا إلى الجنون
مايكل مان، وتوم تولز
مطبعة جامعة كولومبيا: 2016.

عِلْم المناخ، عبر استغلاله لجلسات الاستماع في لجنة البيئة التي يرأسها في مجلس الشيوخ، لمحاولة دحض التغير المناخي. وفي بعض المواضع، تأخذ كتابة مان منحًى شخصيًّا؛ إذ يناقش ـ على سبيل المثال ـ أمر المدعي العام السابق في ولاية فيرجينيا، كين كوشينيلي، الذي كان يروِّج سابقًا لمزاعم التلاعب في بيانات التغير المناخي، بينما يعمل حاليًا مزارِعًا للمَحار في جزيرة معرَّضة لخطر ارتفاع مستوى مياه البحر، لكنه ـ بصورة عامة ـ يتفادى تصفية الحسابات.

في عام 2009، وجد مان نفسه وسط ما عُرف باسم فضيحة «كلايمت جيت» (nature.com/climategate)، وفيها تم تسريب أكثر من 1,000 رسالة إلكترونية من وحدة أبحاث المناخ في جامعة إيست أنجليا في نورويتش، المملكة المتحدة، شمل العديد منها مراسلات سرية صادرة من مان، أو واردة إليه. تم نشر بعض المقتطفات من هذه الرسائل من قِبَل المشككين في تغيُّر المناخ؛ لتشويه سمعة العلماء، والتشويش على الرأي العام، وعلى القرار السياسي. يخصِّص مان بضع صفحات فقط لهذا الحدث الجلل، ويشرح بإيجاز الكيفية التي أُخذت بها هذه الرسائل، ونُزعت من سياقها، كما يوضح أن الإشارة إلى "الحيلة" التي استُخدمت "للتغطية على التراجع" كان يُقصد بها إجراء عملية متعارَف عليها، وهي دمْج القراءات المباشرة لدرجات الحرارة العالمية مع التقديرات البديلة. وإذا أخذنا في الاعتبار تعرُّض مان لفيض من التهديدات والأذى في الفترة التي تلت هذه الفضيحة، فإنه كان محبَّذًا أن نرى في الكتاب شرحًا أكثر تفصيلًا، كما هو الحال في كتاب فريد بيرس «ملفات المناخ» *The Climate Files* (كتب الجارديان، 2010).

ورغم التوترات السياسية، يختم مان وتولز الكتاب بنفحة إيجابية، إذ يسلِّطان الضوء على التحركات الإيجابية على مستوى الجماعات، والمدن، والولايات، وعلى قدرة اتفاقية باريس على تجاوز أكثر آثار التغير المناخي تدميرًا. كما يَجِدان أملًا في قدرة الاختيارات الفردية على تدارُك الآثار الوخيمة التي سَبَّبَتها عقود من الكربون الكثيف. وتتمثل توصيّتهما الأساسية في أن يدعم كل منا الطاقة المتجددة، وتسعير الكربون، وأن ندلي بأصواتنا للساسة الذين يخدمون الأهداف ذاتها، وأن نتوقف عن المراوغة بشأن عِلم المناخ.

وكما يشير مان، فليس من المرجَّح أن يقوم المشكِّكون بقراءة هذا الكتاب. أما الباحثون خارج الولايات المتحدة، يُعَدّ هذا الكتاب مرشدًا أساسيًّا ـ الرغم إشاراته المحيِّرة لنجوم البيسبول ـ في شأن المصالح المتضاربة، التي فُرِض على زملائهم أن يحاربوها. وبالنسبة إلى عامّة القراء، يوضح هذا الكتاب درجة خطورة المشكلة. وإذا ما نظرنا إلى مجابهة التغير المناخي، باعتباره حربًا حقيقية، فإنّ مان، وتولز يستحقان ـ بجدارة ـ أنواط الشرف. وأنا أرفع لهما القبعة. ■

ديف ريي يشغل منصب رئيس إدارة الكربون، ومنصب نائب رئيس وحدة البيئة العالمية والمجتمع في جامعة إدنبره، المملكة المتحدة، وهو أيضًا مؤلف كتاب «النيتروجين والتغير المناخي» *Nitrogen and Climate Change*.
البريد الإلكتروني: david.reay@ed.ac.uk

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



BIN HAN

الشكل 1 | محصول الأرز الهجين المزروع في حقل أرز مدرج. غالبًا ما يؤدي تلقيح أنواع مختلفة من الأرز إلى إنتاج محاصيل هجينة تتمتع بإنتاجية أعلى ونسبة خصوبة أعلى من المحصولين الأبوين. وقد قام هوانج وزملاؤه[2] بتشريح الأساس الجينومي لهذه الظاهرة.

علم النبات

ظاهــرة قــوة الهجيــن

يُعَدّ تهجين الأنواع المختلفة من النباتات لتحسين الإنتاجية ونسبة الخصوبة ممارسةً شائعة. وقد يساعد تشريح العمارة الجينومية التي تكمن وراء ظاهرة قوة المحصول الهجين في إثراء استراتيجيات تحسين المحاصيل في المستقبل.

جيمس إيه. بيركلر

عادةً ما يكون لدى سلالات المحاصيل الناتجة عن تهجين أصناف مختلفة من أنواع النباتات كتلة حيوية ونسبة خصوبة أعلى من النباتين الأبوين. وتُستغل هذه الظاهرة، التي تُسمى "التفوق الهجيني"، أو "قوة الهجين" في إنتاج محاصيل أعلى جودة لعدة أنواع من المحاصيل (الشكل 1). ولذا فإنها بالغة الأهمية بالنسبة إلى الأمن الغذائي العالمي، غير أن الأساس الجينومي والجزيئي لظاهرة قوة الهجين كان لوقت طويل عصيًّا على التفسير[1]، ولكن في دراسة حديثة نشرتها دورية *Nature*، نجح هوانج وزملاؤه[2] في وضع خريطة للمناطق الجينومية المرتبطة بالصفات الإنتاجية في سلالات الأرز عالي الجودة وفي دراسة العمارة الجينومية لظاهرة قوة الهجين. وتمثل هذه الدراسة إنجازًا عظيمًا في هذا المجال.

بدأ الباحثون باستخدام 17 عينة من السلالات الهجينة للأرز عالي الجودة، وقاموا باستيلاد الجيلين الأول والثاني؛ لإنتاج أكثر من 10 آلاف من سلالات الأرز الهجينة، التي كانت تتميز بخصائص كمية، أهمها محصول الحبوب، ووقت الإزهار، وشكل وبنيان النباتات. كما قاموا بتحديد تسلسل الحمض النووي لكل سلالة؛ لوضع خريطة للمناطق الجينومية المرتبطة بالصفات المتعلقة بالمحصول، ثم قاموا بتصنيف هذه السلالات إلى ثلاث مجموعات رئيسة، على أساس استراتيجيات استيلاد المحاصيل الهجينة.

لم يعثر هوانج وزملاؤه على أي مناطق جينومية مشتركة على المستوى العام، تسهم في ظاهرة قوة الهجين، ولكنهم عثروا بالفعل على العديد من المناطق داخل كل مجموعة ترتبط بتأثيرات ظاهرة قوة الهجين على صفات محصول الحبوب. وعلى الرغم من أن الباحثين لم يتمكنوا من حسْم أمر هذه المناطق، وصولًا إلى جينات فردية، أو متغيرات جينية، فقد سَلَّطُوا الضوء على العديد من الجينات المرشحة للعب هذا الدور. وثمة حاجة إلى إجراء المزيد من الأبحاث؛ لحسم أمر الارتباطات الجينية الجديدة، وتأكيد وظائف هذه الجينات المرشحة في ظاهرة قوة الهجين.

تتصرف المناطق الجينومية المرتبطة بتأثيرات قوة الهجين ـ إلى حد كبير ـ كما هو متوقع في حالة الصفات الكمية. وبشكل عام، فالطفرات التي تنظم الصفات النوعية - مثل اللون - لا تمارس تأثيرها على الصفة، إلا في حالة وجود الطفرة في النسختين من الجين؛ نسخة موروثة من كل من الأبوين. وبعبارة أخرى، فإن انخفاض كمية البروتين أو الحمض النووي الريبي الذي ينتجه متغير جيني محدد (نظرًا إلى وجوده كنسخة واحدة وليس نسختين) لا يغير من الخصائص التي يؤثر عليها. وعلى النقيض من ذلك.. فإن الخصائص الكمية للسلالة الذُّرِّيَّة غالبًا ما تكون ـ إلى حد ما ـ وسطًا بين الأبوين.

وإذا كانت إحدى الصفات الكمية في محصول الذُّرِّيَّة صفةً وسطًا بين الأبوين؛ فإن المتغيرات الجينية التي تنظم هذه الصفة توصف بأنها تجميعية. وإذا كان وجود نسخة واحدة من متغير ليس له أي تأثير ملحوظ في الهجين، فإن هذا الجين يُوصَف بأنه يُظهِر سيادة كاملة (كما هو الحال مع الخصائص النوعية). ويُشار إلى التسلسل بين الاثنين بالسيادة السلبية أو الإيجابية الجزئية، حيث تتحدد الصفات كميًّا، على التوالي، على أن لها تأثيرًا أقل أو أكبر في الذرية مما يمكن أن يحدث عندما تكون الذُّرية وسطًا بالضبط بين الأبوين. في بعض الحالات، تكون صفة الذُّرية متفوقة على كل من الأبوين، وهذا ما يُشار إليه باسم (السيادة الفائقة). وأظهرت غالبية المناطق الجينومية التي حددها هوانج وزملاؤه سيادة إيجابية جزئية، مع وجود مجموعة من المتغيرات الجينية في منطقة واحدة تُظْهِر سيادة فائقة. ومن ثم، يمكن تفسير الأداء الفائق للنباتات الذُّرِّيَّة، مقارنة بأي من الأبوين، بالتأثير الجماعي للسيادة الإيجابية الجزئية عبر المناطق الجينومية التي تؤثر على صفات مختلفة.

وثمة نظرية[3] شائعة عن قوة الهجين، ترجع إلى قرن من الزمان[4]، تفترض أن سلالات الأبوين ـ وهي سلالات داخلية الاستيلاد؛ وبالتالي تميل إلى أن تكون لديها نسختان متطابقتان من معظم الجينات ـ غالبًا ما تؤوي متغيرات جينية ضارة بنسبة ضئيلة، غير أن الطفرات في كل من الأبوين ليس لها أي تأثير عندما يُوجَد كل منها في نسخة

واحدة فقط في الهجين. وهذا التأثير تراكمي عبر عديد من الجينات، مما يؤدي إلى ظاهرة قوة الهجين. وعلى الرغم من أن هذا التكامل يحدث دون شك، فإن هذا المفهوم البسيط معروف منذ فترة طويلة[5] أنه يقدِّم تفسيرًا غير مناسب لظاهرة قوة الهجين؛ حيث تعتمد الفكرة على السيادة الكاملة، في حين لم يحدِّد هوانج وزملاؤه أي مناطق جينومية تُظهر هذه الصفة. فمن الواضح أن ثمة عملية أكثر تعقيدًا قائمة بالفعل.

تشير السيادة الجزئية والسيادة الفائقة التي شهدها هوانج وزملاؤه إلى أن كمية البروتينات التي تنتجها الجينات تؤثر على خصائص النبات إلى حد ما. وهي ظاهرة تُسمى (الحساسية للجرعة). ويبدو أنه ليس من قبيل المصادفة أن الجينات المرشحة التي ألقى عليها الباحثون الضوءَ تقوم بترميز عوامل النسخ، ومُعدِّلات الكروماتين والبروتينات التنظيمية ذات الصلة، التي عادة ما تكون حساسة للجرعة[6]. ويضيف عمل هوانج وزملائه إلى الأدلة على أن هناك مكونًا حساسًا للجرعة لظاهرة قوة الهجين، كما تَبَيَّن من الأبحاث السابقة على التبغ[5]، والبرسيم[7]، والطماطم[8]، ونخيل الزيت[9]، والذُّرَة[10].

وعلى الرغم من هذا النمط الناشئ، فمن الواضح أن دور كل من هذه الجينات المرشحة في تحسين أداء النبات يعتمد أيضًا على السياق. فعلى سبيل المثال، المناطق الجينومية التي حدد الباحثون ارتباطها بظاهرة قوة الهجين كانت مختلفة في كل مجموعة من مجموعات الاستيلاد الثلاث. وعلى سبيل المثال، الجين المرشَّح الذى تم تحديده في إحدى المجموعات لديه جين قريب في الطماطم[8]، له علاقة بظاهرة قوة الهجين أيضًا؛ بيد أن هذا الجين ليس له علاقة بقوة الهجين في مجموعات الأرز الأخرى، التي شملتها الدراسة. ربما يكون ما لاحظه الباحثون على أنه اختلاف في السيادة في ظل ظروف مختلفة يعكس في الواقع نقاطًا مختلفة على سلسلة متصلة من الحساسية للجرعة، يعتمد فيها تأثير أي منتج لجين واحد على تفاعلات الجين المقابل مع منتجات الجين التنظيمية الأخرى وأهدافها[11]. وإضافة إلى ذلك، فإن الافتقار إلى هذا التأثير التجميعي المحدد يشير إلى أنه لا يوجد ارتباط قوي بين كمية المنتج الجيني، وتأثير هذا المنتج على خصائص النبات. وأي محاولة للتلاعب بقوة الهجين لتحسين المحاصيل ستحتاج إلى وضع هذا الاعتبار في الحسبان.

ومن المثير للاهتمام أن الدراسة وجدت مؤشرات ضعيفة عن المناطق الجينومية التي أظهرت سيادة سلبية جزئية أو سيادة محدودة (التي تكون فيها صفة الهجين أقل من متوسط الأبوين). وإذا كانت العوامل الجينية الرئيسة المحدِّدَة لقوة الهجين تعمل بأسلوب حساس للجرعة يعتمد على السياق، فلماذا يبدو عملها إيجابيًّا أكثر من كونه سلبيًّا في كثير من الأحيان؟ أحد التفسيرات المحتملة هو أن عملية الانتخاب السابقة فضلت السلالات التي تعزِّز قوة الهجين في النباتات الهجينة، ولكن يبدو مثيرًا للشكوك أن مثل هذا الانتخاب وحده يمكن أن يفسر التأثير، نظرًا إلى أن التهجين بين الأنواع المختلفة التي تربطها صلة ببعضها، والتي لم تخضع لأنظمة الاستيلاد تميل أيضًا إلى إنتاج نمو غزير. وفَهْم هذا الجانب من قوة الهجين اتجاه حتمي ـ وإن كان مليئًا بالتحديات ـ في المستقبل بالنسبة إلى هذا المجال.

إنّ الأفكار الثاقبة التي تمخضت عنها دراسة هوانج وزملائه حول ظاهرة قوة الهجين، عند متابعتها بدراسات لتحديد الجينات والمتغيرات الوظيفية المشتركة في العملية؛ ستتيح للباحثين إمكانية التفكير في كيفية التلاعب بظاهرة قوة الهجين، من خلال الاستيلاد الجزيئي، والهندسة الوراثية، والتحرير الجينى. ويمكن إدخال تعديلات محددة، ودراستها في خلفيات جينية مختلفة؛ للتوصل إلى أفضل أداء. وقد يكون التلاعب بكميات الجينات التنظيمية الحساسة للجرعات طريقًا نحو محاكاة موجَّهة إلى ظاهرة قوة الهجين[12،13]. وعلى أي حال، فمع هذه الفكرة يأتي التحذير من أن كل حالة ستكون على الأرجح معتمِدة على السياق، وعلى حساب العناصر المتفاعلة النسبية بين العديد من منتجات الجينات التنظيمية. ■

جيمس إيه. بيركلر: يعمل في قسم العلوم البيولوجية بجامعة ميزوري في كولومبيا، Missouri 65211, USA.
البريد الإلكتروني: birchlerj@missouri.edu

1. Chen, Z. J. *Nature Rev. Genet.* **14,** 471–482 (2013).
2. Huang, X. *et al. Nature* **537,** 629–633 (2016).
3. Schnable, P. S. & Springer, N. M. *Annu. Rev. Plant Biol.* **64,** 71–88 (2013).
4. Jones, D. F. *Genetics* **2,** 466–479 (1917).
5. East, E. M. *Genetics* **21,** 375–397 (1936).
6. Birchler, J. A. & Veitia, R. A. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **109,** 14746–14753 (2012).
7. Busbice, T. H. & Wilsie, C. P. *Euphytica* **15,** 52–67 (1966).
8. Krieger, U., Lippman, Z. B. & Zamir, D. *Nature Genet.* **42,** 459–463 (2010).
9. Singh, R. *et al. Nature* **500,** 340–344 (2013).
10. Yao, H., Dogra Gray, A., Auger, D. L. & Birchler, J. A. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **110,** 2665–2669 (2013).
11. Birchler, J. A., Johnson, A. F. & Veitia, R. A. *Plant Sci.* **245,** 128–134 (2016).
12. Jiang, K. *et al. PLoS Genet.* **9,** e1004043 (2013).
13. Park, S. J. *et al. Nature Genet.* **46,** 1337–1342 (2014).

الأحياء التطورية

رؤى شاملة لعوامل الوراثة غير الجينية المبكرة

أربع دراسات تصف بالتفصيل التغيرات التي تحدث في كيفية تطويق الحمض النووي لبروتينات الهستون، وفي التعديلات الجزيئية لتلك البروتينات بعد عملية التلقيح. وتسلِّط نتائجها الضوء على التنظيم المبكر لعملية التعبير الجيني.

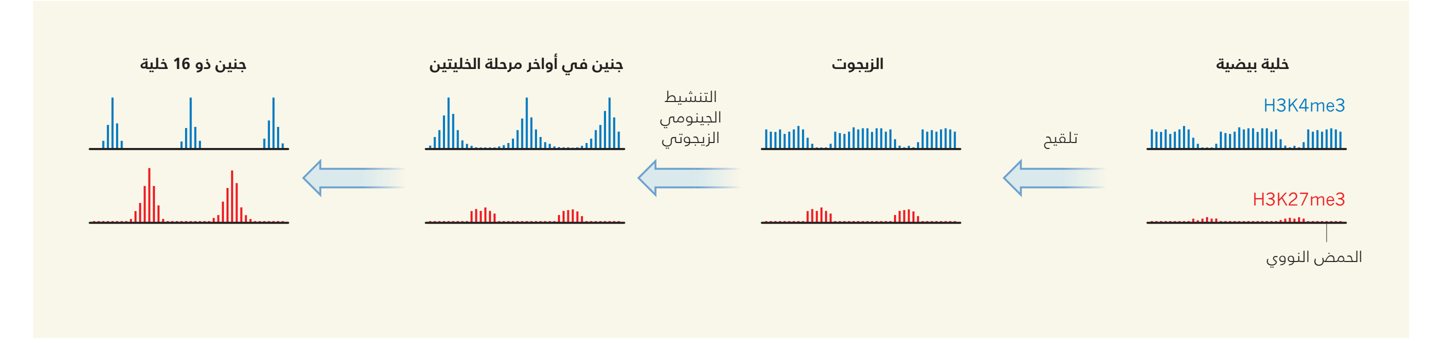
خوان إم. فاكيريساس وماريا إيلينا توريس- باديا

بداية الحياة تكون بتلقيح بويضة بواسطة حيوان منوي. فدائمًا ما كان ذلك محورًا رئيسًا للبحوث منذ عقود. مع نشوء الجنين من الخلايا المتمايزة، عادةً ما تحدث إعادة برمجة مثيرة لعوامل الوراثة غير الجينية، وهي مجموعة تعديلات جزيئية تحدث في الحمض النووي وبروتينات الهستون المرتبطة به، التي تغيِّر التعبير الجيني، دون تغيير تتابع الحمض النووي، إلا أن تفاصيل مناطق الجينوم المتضررة من إعادة برمجة العوامل غير الجينية تلك لم تكن متوفرة من قبل. ومؤخرًا، كشفت أربع دراسات نُشرت مؤخرًا في دورية *Nature* (ثلاث منها نُشرت في سبتمبر[1-3]، وواحدة في يونيو[4]) عن سمات مذهلة وغير متوقَّعة لهذه العملية داخل الخلية البيضية (أي البويضة غير الملقحة) وجنين الفأر في مراحل النمو المبكرة.

يتغير التعبير الجيني جذريًّا أثناء نشوء الخلايا البيضية والحيوان المنوي في الثدييات، وهو يتوقف بحلول الوقت الذى تصبح فيه هذه الخلايا ناضجة تمامًا. في الفئران، يُستأنف التعبير الجيني بعد فترة وجيزة من عملية التلقيح، مصحوبًا بموجة طفيفة من التنشيط الجينى (يُطلق عليها التنشيط الجينومي الزيجوتي - ZGA اختصارًا)، ثم تأتي موجة رئيسة ثانية من هذا التنشيط الجيني في أواخر مرحلة الخليتين، كمؤشر لبداية انتشار برنامج التعبير الجيني الإنمائي. وبعد أربعة انقسامات يظهر تجمُّع من الخلايا يُسمى (الكتلة الخلوية الداخلية)، التي تمثل الجزء الذي سيكوِّن الجنين فيما بعد، ويمكن استخراجها لاستخلاص الخلايا الجذعية الجنينية (ES) في الوسط الحيوي. تمت دراسة حالة العوامل غير الجينية للخلايا الجذعية الجنينية بشكل مستفيض من قبل، إلا أن دراسة مراحل النمو السابقة لذلك ظلت بعيدة المنال، ويعود ذلك غالبًا إلى كمية المادة القليلة جدًّا المتاحة للدراسة.

قامت الدراسات الأربع بتحليل مناطق الجينوم التي ترتبط بها ثلاثة تعديلات في بروتينات الهستون في الحيوانات المنوية والخلية البيضية، وفي أجنة الفئران في مراحل النمو المبكرة. وتَبَنَّى الباحثون تقنيات تسمح بتحليل عدد قليل من الخلايا فقط. أولًا، قام ليو وزملاؤه[1]، ودال وزملاؤه[2]، وتشانج وزملاؤه[3] بدراسة تعديل رواسب حمض الليسين الأميني 4 (K4) على الهستون H3 بثلاث مجموعات من الميثيل (يُشار إلى هذا التعديل باسم H3K4me3). وثانيًا، قام دال وزملاؤه، ووُو وزملاؤه[4] بدراسة تعديل الليسين 27 (K27) بواسطة مجموعة أسيتيل (وهو تعديل H3K27ac). وثالثًا، قام ليو وزملاؤه، ووُو وزملاؤه بتحليل عملية المثيلة الثلاثية لـK27 (وهو تعديل H3K27me3). اختلفت الدراسات في عدد الخلايا التى تم تحليلها، وكيفية معالجة الحمض النووي والبروتينات المصاحِبة (التي يُطلق عليها مجتمعةً اسم الكروماتين) قبل عملية التحليل، إلا أن جميعها توصلت إلى استنتاجات مماثلة.

في الخلايا الجذعية الجنينية وأنواع الخلايا الناضجة، تتجمع تعديلات H3K4me3 بالدرجة الأولى حول مناطق صغيرة في الحمض النووي، يبدأ عندها النسخ الجيني، وهي ترتبط بالنشاط الجيني. واحدة من النتائج الأكثر إثارة للدهشة في الدراسات المذكورة هو أنه في الخلايا البيضية يتم تدعيم تعديل H3K4me3 بمستويات منخفضة عبر مناطق جينومية كبيرة تمتد لأكثر من 10 آلاف قاعدة، وهي في معظمها بعيدة عن مواقع بدء النسخ. ويستمر هذا النمط من تعديل H3K4me3 "غير القانوني" في الخلايا البيضية الملقحة والأجنة في بدايات مرحلة الخليتين (الشكل 1).



الشكل 1 | قياس عملية المثيلة في مراحل النمو المبكرة. قامت أربع دراسات[4-1] بتحليل مناطق من جينوم الفأر، ترتبط ببروتينات الهستون التي تم تعديلها عند رواسب حمض الليسين الأميني 4، أو الليسين 27، عن طريق إضافة مجموعات الميثيل (تُسمى تلك التعديلات H3K4me3، و3K27me3، على التوالي). في هذا الرسم التخطيطي البسيط، تمثل ارتفاعات الخطوط العمودية مستوى التعديل المرتبط بالمناطق المتتابعة من الحمض النووي. ولا يحدث نسخ جيني في البويضات الناضجة غير الملقحة (الخلايا البيضية)، ويتم توزيع تعديل H3K4me3 في نطاقات واسعة عبر الجينوم؛ وهو توزيع غير عادي في هذا النوع من التعديلات. وفي الغالب، تُحفظ هذه النطاقات بعد عملية التلقيح (في مرحلة الزيجوت)، وصولاً إلى أواخر مرحلة الخليتين، عندما تؤدِّي عملية تُسمى التنشيط الجينومي الزيجوتي (ZGA) الرئيس إلى موجة من التعبير الجيني. ومن تلك اللحظة يتم استبدال البصمة واسعة النطاق بمناطق تعديل H3K4me3 ضيقة مرتبطة بالتنشيط الجيني في المواقع التي يتم فيها بدء عملية النسخ. وعلى النقيض من ذلك.. فإن تعديل H3K27me3، الذي يرتبط بالقمع الجيني، يكون أكثر انخفاضًا في الخلية البيضية وفي المراحل المبكرة، ويصبح أكثر وفرة مع استمرار عملية النمو، مما يدل على حدوث توزيع منفرد لكل نوع من التعديلات، مع وجود مناطق تعديل H3K4me3 ضيقة، حتى مرحلة الـ16 خلية.

لذا، قام دال وزملاؤه، وتشانج وزملاؤه بتحديد مجموعتين من الجينات المرتبطة بتعديل H3K4me3 "غير القانوني" في الخلايا البيضية الناضجة[2،3]. أولًا، وُجِد هذا النوع من التعديلات على مقربة من الجينات التي يتم التعبير عنها أثناء نمو الخلية البيضية، بما يتسق مع أعمال سابقة5. ويشير ذلك إلى أن إعادة تشكيل ديناميكية مثيلة H3K4 يحدث أثناء نضوج الخلية البيضية، وهو يقترن بالتغيرات التي تحدث في التعبير الجيني، وفي مثيلة الحمض النووي؛ ما يؤدي إلى قَمْع عملية النسخ. ثانيًا، وُجِد أن هذا التعديل يرتبط بالجينات التي يتم التعبير عنها أثناء التنشيط الجينومي الزيجوتي الرئيس. لذا، يبدو أن هذا التعديل غير العادي يقدِّم ما يشبه ذاكرة تحمل العوامل غير الجينية للحالة النسخية للخلية البيضية التي يرثها الجنين النامي.

كما وردت نتائج أخرى غير متوقعة؛ فقد لاحظ تشانج وزملاؤه وجود تعديل H3K4me3 غير القانوني في مناطق مدعمة في تسلسلات معينة متكررة، بعضها ينشط جدًّا أثناء المراحل الأولى من النمو الجنيني[3]. وقد ورد[6] في السابق أن تعديل H3K4me3 يرتبط بواحد فقط من هذه العناصر المتكررة في الأجنة، هو LINE-1. ولذلك أهمية خاصة، إذ يجد[4] وو وزملاؤه أن نطاقات كبيرة من الحمض النووي متاحة للارتباط بعامل النسخ قبل التنشيط الجينومي الزيجوتي الأساسي. ويرتبط هذا الأمر بنسخ عائلات محددة من العناصر المتكررة والجينات المجاورة، ما يسلِّط الضوء على الإمكانات التنظيمية للعناصر المتكررة. أما تشانج وزملاؤه، فقد وجدوا أن إزالة مجموعات الميثيل من تعديل H3K4me3 في الخلايا البيضية أدَّى إلى زيادة في التنشيط النسخي[3]، وإن كانت زيادة غريبة. كما توصَّل دال وزملاؤه إلى استنتاجات مماثلة باستخدام نهج متكامل[2]. ويعني هذا الاستنتاج المثير للدهشة أن تعديل H3K4me3 غير القانوني قد يكون له دور في الإسكات النسخي. ويبقى أن يتم تحديد ما إذا كان هذا التأثير مباشرًا، أَمْ أنّ وجود تعديل H3K4me3 يرسِل بطريقة أو بأخرى إشارات تؤدي إلى حدوث تغيرات في مستويات تعديلات بروتينات الهستون الأخرى، منظِّمةً عملية الإسكات بشكل غير مباشر.

وتكشِف البحوث المنشورة تلك عن أن وجود الإنزيم النازع لمثيلة الهستون KDM5B أمر ضروري؛ للحدّ من التوزيع الجينومي لتعديل H3K4me3 أثناء نضوج الخلايا البيضية والتنشيط الجينومي الزيجوتي. ويوضح ليو وزملاؤه[1] أنه في الجنين النامي تصبح نطاقات تعديل H3K4me3 أوسع بعد فقدان إنزيم KDM5B. وهكذا، فإن إبقاء مستويات تعديل H3K4me3 تحت السيطرة يبدو أمرًا ضروريًّا؛ لإنشاء ونشر برامج التعبير الجيني الجنينية المبكرة بشكل صحيح.

وقد درَس تشانج وزملاؤه، ووُو وزملاؤه أيضًا الاختلافات في تعديلات بروتينات الهستون، التي يرثها الجنين من الأب والأم[3،4]؛ ووجدوا أن الاختلافات بين الوالدين في توزيع تعديل H3K4me3 يتم الاحتفاظ بها في مجموعتين من الكروموسومات في الجنين في مراحله المبكرة، مما يدعم فكرة أن بعض المعلومات غير الجينية يتم توارثها.

وبالالتفات إلى تعديلات بروتينات الهستون الأخرى، قارن ليو وزملاؤه[1] تغيرات تعديل H3K4me3 المرتبط بالقمع الجيني، مع ذلك المرتبط بعملية التنشيط. وبعكس الدراسات الأخرى، ركَّزت المجموعة على تحليل هذه التعديلات فقط في المناطق القريبة من جينات التنشيط الجينومي الزيجوتي التي تؤوي إشارة تعديل H3K4me3 "الشرعية" النمطية العالية، حول مواقع بدء عملية النسخ. وقد وجدوا أن مستويات تعديل H3K4me3 القانوني زادت، بدءًا من أواخر مرحلة الخليتين فصاعدًا. ويختلف ذلك عن مواقع تعديل H3K4me3 غير القانوني، حيث تنخفض المستويات بعد مرحلة الخليتين.

وقد وجد ليو وزملاؤه أن عدد المناطق التي تحتوي على تعديل H3K4me3 القانوني، وليس H3K27me3، زادت زيادة حادة في أواخر مرحلة الخليتين، بيد أن عدد المناطق المحتوية على تعديل H3K27me3 فقط زاد بشكل تدريجي (الشكل 1)، ما قد يعكس ديناميكيات مختلفة، ومن ثم آليات مختلفة، لإنشاء هذين المؤشرين غير الجينيَّين. ولا يجتمع تعديل H3K4me3 وتعديل H3K27me3، بل يظهر واحد منهم فقط منفردًا، وصولًا إلى مرحلة الـ16 خلية. وغالبًا ما يعود السبب في ذلك إلى انخفاض مستويات تعديل H3K27me3. وعلى النقيض.. تحتوي الخلايا الجذعية الجنينية على العديد من النطاقات التي تتسم بكل من هذين التعديلَين. ومن ثم، تنشأ نطاقات التعديل ثنائية التكافؤ في مراحل متأخرة من النمو. ومن خلال وجود التعديلات "النشطة" و"القمعية" معًا، يُعتقد أن وجود النطاقات ثنائية التكافؤ أمر بالغ الأهمية للتعبير الفعال عن البرامج التنموية المعنية بسلالة بعينها، مع بدء الخلايا في التمايز إلى سلالات ناضجة.

وأخيرًا، وجد دال وزملاؤه نطاقات[2] من تعديل H3K27ac خاصة بكل مرحلة، يُفترض أنها تنشِّط التعبير عن الجينات المجاورة. تميل نطاقات تعديل H3K27ac إلى أن تكون بالقرب من الجينات المرتبطة بالتنشيط الجينومي الزيجوتي. واستخدم الباحثون النطاقات؛ لتحديد عوامل النسخ التي يُحتمل أن تقيَّد إلى هذه الجينات المجاورة؛ من أجل تنظيم برامج النمو المبكرة الخاصة بكل مرحلة. وعلى الرغم من أن هذا سيشكل بالتأكيد موردًا قويًّا، إلا أن بعض العوامل المحددة هنا تختلف عن تلك الموثقة في بحث نُشر في شهر يونيو الماضي[7]. وستكون هناك حاجة إلى مزيد من الجهود؛ لتحديد التفاصيل الخاصة بالآليات التي تَدفَع بها عواملُ النسخ تلك عملية النمو إلى الأمام. وبشكل عام، تثبِت الدراسات حدوث عملية إعادة تشكيل غير جينية قوية في الخلايا البيضية والحيوانات المنوية، وفي المراحل المبكرة من النمو الجنيني. ومن شأن ذلك أن يلمِّح إلى الآليّات التي يتم بها تمرير تعديلات بروتينات الهستون من جيل إلى آخر، لاعبًا دورًا حيويًّا في تنشيط الجينوم المشكل حديثًا، إلا أنه سيلزم إجراء مزيد من البحوث؛ لتوصيف الآليّات الجزيئية الدقيقة التي تحكم هذه التحولات. ■

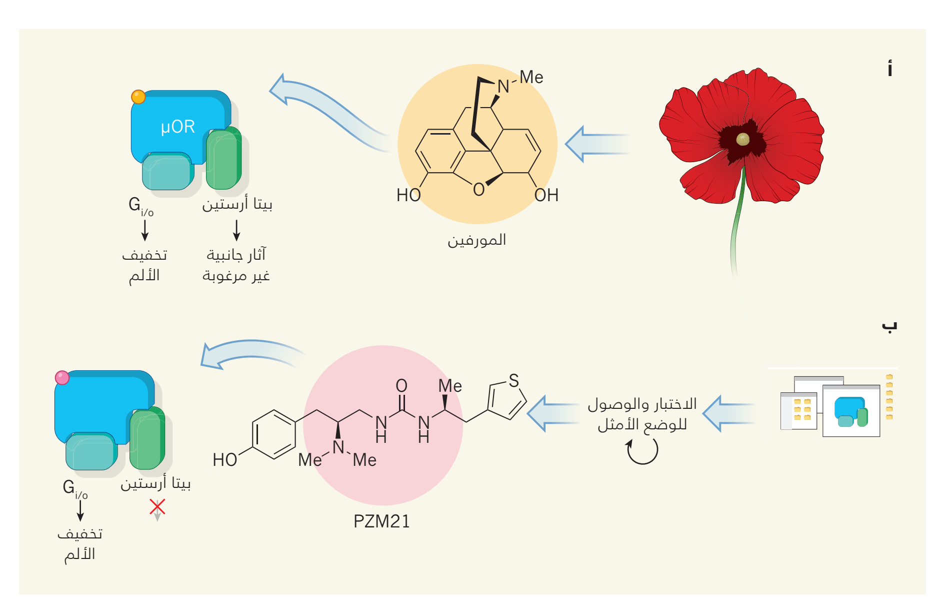
خوان إم. فاكيريساس يعمل في معهد ماكس بلانك للطب الحيوي الجزيئي، 48149 مونستر، ألمانيا.
ماريا إيلينا توريس- باديلا تعمل في معهد علم الوراثة والبيولوجيا الجزيئية والخلوية، CNRS/INSERM U964، ستراسبورج 67404، فرنسا، وفي معهد علم الوراثة غير الجينية والخلايا الجذعية، مركز هلمهولتز بميونيخ، ميونيخ، ألمانيا.
البريد الإلكتروني: torres-padilla@helmholtz-muenchen.de

1. Liu, X. *et al. Nature* **537,** 558–562 (2016).
2. Dahl, J. A. *et al. Nature* **537,** 548–552 (2016).
3. Zhang, B. *et al. Nature* **537,** 553–557 (2016).
4. Wu. J. *et al. Nature* **534,** 652–657 (2016).
5. Stewart, K. R. *et al. Genes Dev.* **29,** 2449–2462 (2015).
6. Fadloun, A. *et al. Nature Struct. Mol. Biol.* **20,** 332–338 (2013).
7. Lu, F. *et al. Cell* **165,** 1375–1388 (2016).

اكتشاف الأدوية

تصميم الأفيون المثاليّ

تطوير دواءٍ يحاكي المفعول المخفِّف للألم، الخاص بالمُرَكَّبات الأفيونيّة، لكن بآثار جانبيّة أقل، يُلَمِّح إلى استراتيجيّة فعَّالة لاكتشاف أنواع كثيرة من الأدوية.



الشكل 1 | بيولوجيا جديدة لمُسْتَقْبِل قديم. أ: يُشتقّ الجزيء الأفيونيّ "المورفين" من الخُشخاش، ويرتبط المورفين ببروتين مُسْتَقْبِل أفيوني من النوع **μ**(**μOR**) في أدمغة الثدييات، ليكوّن مركّبًا نشطًا ذا بروتينات تأشير، منها Gi/o وبيتا أرستين. ويُعتقَد أن مسار تأشير Gi/o يتوسط خصائص المورفين المخفِّفة للألم، بينما يتسبب تأشير بيتا أرستين في آثار جانبيّة غير مرغوبة، كالنشوة التي قد تؤدي إلى الإدمان، وكذلك التثبيط التنفسيّ، وآثار أخرى على الجهاز الهضميّ. **ب:** استخدم مانجليك وزملاؤه[3] البنية البلورية الخاصة بـ **μOR** لتطوير برنامج حاسوبيّ للتنقية. أرسى الباحثون 3 ملايين جزيء في موقع الربط في **μOR**، وانتقوا أفضل الجزيئات المرشّحة واختبروها، ثم عدَّلوها لتحقيق الشكل الأمثل لإنتاج الدواء PZM21. ينتج هذا المركّب تأشيرًا عالي التحيّز لـ Gi/o، ويقلل الألم في الفئران بفعالية، بدون آثار أخرى واضحة. (يرمز Me إلى الميثيل)

بريجيت إل. كييفر

لطالما استُخدم الأفيون طبِّيًّا وترفيهيًّا على مدار أكثر من 4000 عام؛ وذلك بسبب خصائصه المميزة في تخفيف الألم وإحداث النشوة[1]. واليوم، تَصَاعَدَ[2] سوء استخدام الأفيون، الذي يتم وصفه طبِّيًّا، مثل المورفين ومشتقّاته، كما يمثّل إدمان الهيروين عبئًا عالميًّا على الصحّة والمجتمع. إنّ النوع المثالي من الأفيون هو ذلك الذي يسكّن الألم بشكل فعّال، دون التسبب في حدوث آثار المورفين الضارّة بالتنفّس، ويُظْهِر فعاليّةً مستمرّة في المعالَجات المزمنة، ولا يسبب الإدمان. وفي بحث نُشر مؤخرًا، يستعرض مانجليك وزملاؤه[3] خطوةً جديدة نحو صنع هذا الدواء المثاليّ.

كانت مسيرة طويلة. فقد اعتقد الباحثون ـ بسذاجة ـ سابقًا أن تحديد بروتينات مستقبِلات المورفين سيؤدي إلى إمكانية توصيل الأفيون المثاليّ بشكل سريع. ففي أوائل التسعينات، تم عزل ثلاثة من جينات مستقبِلات الأفيون (OR) التي تُشَفِّر المستقبِلات المقترنة ببروتين جي (GPCRs) من نوع ميو (μOR)، ودلتا، وكابّا[4]. وكَشَفَ الاختلال الجينيّ في μOR في الفئران أن هذا البروتين يتوسّط عملية تخفيف الألم التي يُحْدِثها المورفين، وتأثيرات أخرى، كالشعور بالمكافأة والاتكاليّة[5]. واقترن هذا الاكتشاف بحقيقةٍ مفادها أن آلاف الأدوية ذات الصلة بالمورفين ليست أفضل دوائيًّا من الأفيونات التقليديّة؛ ما ثبط من حماس العلماء لتطوير أدوية تستهدف μOR. وتبيَّن بعد ذلك أن الأدوية المختلفة التي تعمل على نوع معين من المستقبلات بإمكانها استثارة استجابات تأشير متباينة[6]، ففتح هذا الكشف الباب لإمكانيّة تصميم أفيونيات "متحيِّزة" تنشِّط مسارات التأشير المرتبطة بالعلاج، لا التي تُولِّد آثارًا غير مرغوب فيها، إلا أن الأمر تَطَلَّب تحقيق إنجازٍ مهمّ آخر لنقل المجال إلى المستوى التالي، وهو تطوير طريقةٍ لبَلْوَرَة بروتينات الغشاء تلك، النادرة وغير المستقرة. غيّرت هذه التقنية من شكل الأبحاث الخاصة ببروتينات GPCR، ما أدّى إلى اتضاح بنية عديد من البروتينات[7]، منها μOR (المرجع 8). واليوم، يسمح توافر هذه البِنَى البلوريّة للباحثين فحص بروتينات GPCR في شكليهما النشط وغير النشط، والطرق التي تربط بها ريبطاتها، في سبيل تيسير اكتشاف الأدوية، تقوم على الشكل البنيوي[9].

وضِمْن الجهود المبذولة، قام مانجليك وزملاؤه بالبحث عن جزيء بإمكانه الارتباط بـμOR، بهدف استخدام قوة عمليات الإرساء الحاسوبي لإيجاد هياكل أفيونيّة جديدة (أنماط كيميائيّة)، على أمل أن تتمكّن بعضها من تثبيت μOR في هيئات غير مستكشفةٍ بعد، وإظهار أشكال تأشير مميزة ومتحيّزة، وربما تولِيد آثار بيولوجيّة لم تُر من قبل.

قام الباحثون بإرساء 3 ملايين جزيء متوافرٍ تجاريًّا على موقع ربط μOR، باستخدام الطرق الحاسوبيّة، واختبروا تكامل أكثر من مليون هيئة لكلّ مركَّب مع موقع الرّبط، وفحصوا بالنظر الجزيئات الـ2,500 الأفضل ملاءمة؛ لمعرفة الجزيئات ذات الأنماط الكيميائيّة غير المرتبطة بالأفيونات المعروفة. اختار الباحثون 23 مركّبًا للاختبار التجريبيّ، وأنتجت دورات اختبار الإرساء الإضافيّة مجموعة من الجزيئات ذات أنماط كيميائيّة جديدة، ووضعيّات رسوّ غير تقليديّة في مواقع الربط بالمُسْتَقْبِلات، وألفة ارتباط وانتقائيّة مقبولتان لـμOR.

يستثير تنشيط μOR تتالي تأشيرٍ رئيسيين، واللذان يتضمّنان بروتينيْ Gi/o وبيتا أرستين. وقد وجد مانجليك وزملاؤه أن للمركّب رقم 12 من بين جزيئاتهم الـ23 نشاطٌ عالي التحيّز لتأشير Gi/o. ومما يلفت الانتباه في ذلك أنه يُعتقد[10] أن نواهض μOR (منشّطاته) ضعيفة الاندماج مع تأشير بيتا أرستين تخفف الألم بفعاليّة أكبر وتسبِّب أعراضًا جانبيّة أقلّ عن النواهض التي تؤدي إلى تنشيط هذا المسار بقوة. وبالفعل، تمّ تطوير دواءٍ سُمي TRV130 غير مرتبطٍ بالمركّب رقم 12، أو بأيٍّ من الأدوية ذات الصلة بالمورفين، باستخدام الوسائل التقليديّة لتنقية الأدوية، وهو حاليًّا في المرحلة الثالثة من التجارب الإكلينيكية[11]. وفي الخطوة النهائيّة لتحقيق المركّب الأمثل، استخدم الباحثون معلومات الإرساء الخاصّة بالمركّب رقم 12 لصنع دواءٍ سُمي PZM21 (شكل 1)، وقارنوه بالمورفين ودواء TRV130.

في الفئران، كانت فعالية PZM21 في تخفيف الألم تضارع فعالية المورفين، وتَفُوقها في المدّة، وقد خفّض PZM21 عمليات الاستجابة للألم التي تتم بواسطة الجهاز العصبيّ المركزيّ، وليس على مستوى العمود الفقري. ولم يسبق أن سُجِّل مثل هذا النشاط في ناهضٍ لـμOR، وهو يُحتمل أن يكون ذا قيمةٍ علاجيّة في استهداف مكوّنات الألم الذي يتواسطه الجهاز العصبيّ المركزيّ. كما تَسَبَّب هذا المركّب في الإصابة بالإمساك بدرجة أقلّ مما يفعل المورفين، ولم يؤثر على النشاط التنفسيّ. وللمفاجأة، لم تُظهِر الفئران تفضيلًا لغرفة الاختبار التي تلقَّت فيها دواء PZM21 عن تلك التي تلقَّت فيها محلولًا ملحيًّا، كما لم يسبِّب المركّب إفراطًا في النشاط. وتلك علامات للسلوك الشبيه بالإدمان، التي قد تظهر في الفئران.

في كلّ الأحوال، خَفَّف دواء TRV130 الألمَ بفعالية، وأحدث تثبيطًا تنفسيًّا خافتًا لا يتسبب في خلق تفضيل واضح للأماكن. وبالتالي، وعلى الرغم من الآثار المختلفة بعض الشيء في الجسم الحيّ، إلا أن الخصائص المخفِّفة للألم ـ الخاصة بدواءPZM21، ودواء TRV130 ـ تلغي الآثار السلبيّة التي تُلاحَظ عادةً مع استعمال المورفين. لذا.. تطرح دراسة مانجليك وزملائه بوضوح أملًا في تصميم نواهض μOR متحيّزة لـ Gi/o؛ للتحكم في الألم.

وليس ثمة شك في أن عملية التنقية الحاسوبيّة على أساس الشكل البنيوي ستسرّع خطوات اكتشاف الأدوية[12]، إذ يقدّم البحث الحاليّ نموذجًا مبهرًا لقدرة هذه التقنيّة على توليد أنماط كيميائيّة بشكل فعال، وتسهيل تحقيق الوضع الأمثل للجزيئات المرشّحة بشكل سريع، وبأقلّ درجة من الاختبار التجريبيّ، وكذلك اكتشاف جزيئات لها نشاط بيولوجي جديد مبتكر. ومن شأن أدوات الإرساء ذات الوصول المفتوح، والمتاحة حاليًّا، مثل (http://blaster.docking.org) أن توسِّع مجال ممارسة هذا النهج.

بيد أن تحدّيات كثيرة تقبع في طريق البحوث المتعلقة بإرساء الريبطات. فبشكل خاص، لا يزال توقُّع النشاط المتحيِّز صعب المنال، كما لم يكن هدفًا من أهداف الدراسة الحالية، إلا أن مانجليك وزملاءه وجدوا بالفعل أن دواء PZM21 ودواء TRV130 يتخذان وضعيّات إرساء مختلفة في جيب الربط في μOR. وهكذا، فإن التفاعلات الجزيئيّة الشائعة في مركَّبَي PZM21–μOR، وTRV130–μOR تستحق مزيدًا من الاهتمام؛ إذ قد تسهم في التنشيط الانتقائيّ لـGi/o.

وما يزال غير مؤكد ما إذا كانت آثار دواء PZM21 في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الجسم الحيّ تعكس النشاط المتحيّز لـGi/o فقط، أم لا. فالتشابهات في الفارماكولوجيا الخاصة بالدوائين PZM21 وTRV130 تميل إلى تأييد طرق العمل المشتركة للمركّبَين، التي يُعتقد نبوعها من تأشير Gi/o. ومن ناحيةٍ أخرى، تشير تحليلات الباحثين لعملية الإرساء إلى أن المركّبَين يلتحمان ببقايا الأحماض الأمينيّة لـμOR بطرقٍ مختلفة، كما يُظهِران نشاطاتٍ متعارضة عند الارتباط بمستقبِلات الأفيونيات من نوع كابا في الخلايا، ولهما نشاطات دوائيّة مختلفة في الجسم الحيّ. ولم ينظر الباحثون في تكوين الحيوانات تَحَمُّلًا ما للدواء PZM21، كما أن ثمّة نشاطات أخرى للدواء داخل الجسم الحيّ لم تُكتَشَف بعد. لذا، تَلْزَم دراسة الأنشطة المشتركة والمختلفة لكلٍ من PZM21، وTRV130 في أدمغة الكائنات الحية، وهو ما قد يكشف عن الأنشطة التي تحدث عند مستوى الشبكات الدماغيّة.

باختصار، تُعَدّ دراسة مانجليك وزملائه بمثابة توضيح مدهش لحقيقة أن الأنماط الكيميائية الجديدة بإمكانها طرح فرص بيولوجيّة غير عادية، خاصة في دراسة الأفيونيات. فهل نقترب من الوصول إلى مسكِّن الألم المثالي؟ يُعَدّ دواء PZM21 عضوًا رائدًا في مجموعة ناشئة من نواهض μOR الفعالة ضد الألم، التي يبدو أن خطورة تَعَرُّضها لسوء الاستخدام منخفضة. وهذه الأدوية ليست أفيونات بالضبط، ويُفترض أن تؤدي طرق الاكتشاف التي تعتمد على الشكل البنيوي إلى زيادة عددها، وتحسين فرص وصول دواءٍ ناجحٍ إلى الأسواق، بعد طول انتظار. ■

بريجيت إل. كيفر تعمل في مؤسسة "دوجلاس" للصحة الذهنية، قسم الطب النفسيّ، جامعة مَكْجيل، مونتريال، كيبيك H4H 1R3، كندا.

البريد الإلكتروني: brigitte.kieffer@douglas.mcgill.ca

1. Brownstein, M. J. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **90,** 5391–5393 (1993).
2. Trang, T. *et al. J. Neurosci.* **35,** 13879–13888 (2015).
3. Manglik, A. *et al. Nature* **537,** 185–190 (2016).
4. Kieffer, B. L. & Gavériaux-Ruff, C. *Prog. Neurobiol.* **66,** 285–306 (2002).
5. Matthes, H. W. *et al. Nature* **383,** 819–823 (1996).
6. Galandrin, S., Oligny-Longpré, G. & Bouvier, M. *Trends Pharmacol. Sci.* **28,** 423–430 (2007).
7. Kobilka, B. & Schertler, G. F. *Trends Pharmacol. Sci.* **29,** 79–83 (2008).
8. Manglik, A. *et al. Nature* **485,** 321–326 (2012).
9. Audet, M. & Bouvier, M. *Cell* **151,** 14–23 (2012).
10. Raehal, K. M., Schmid, C. L., Groer, C. E. & Bohn, L. M. *Pharmacol. Rev.* **63,** 1001–1019 (2011).
11. DeWire, S. M. *et al. J. Pharmacol. Exp. Ther.* **344,** 708–717 (2013).
12. Shoichet, B. K. & Kobilka, B. K. *Trends Pharmacol. Sci.* **33,** 268–272 (2012).

الشيخوخة

حماية الجينات عن طريق التغذية

من المعروف عن التقييد الغذائي إطالته لحياة العديد من الأنواع. وقد ثبت الآن أنه يقلِّل من تلف الحمض النووي، ويطيل حياة الفئران التي تحاكي اضطرابات عمليات إصلاح الحمض النووي في البشر.

جونكو أوشيما، وجورج إم. مارتن

يُعتبر تراكم تلفيات الحمض النووي من الآثار السلبية التي لا مفر منها في الحياة، وهو يُعَدّ واحدًا من الأسباب الرئيسة لشيخوخة الخلايا والأعضاء. يؤدي الإصلاح المنقوص للحمض النووي إلى تلفه المتواصل، مسبِّبًا اضطرابات ذات صلة بالتقادم وقصر العمر. وقد يَظهَر هذا الأمر في البشر في شكل متلازمات "بروجيرويد"، حيث يشيخ الأطفال أو البالغون بمعدل متسارع إلى حد كبير. وفي بحث نُشر مؤخرًا، أوضح فيرميه وزملاؤه[1] أن درجة معتدلة نسبيًّا من التقييد الغذائي يمكنها أن تطيل ـ إلى حد كبير ـ من عُمْر اثنين من نماذج الفئران لهذه المتلازمات البشرية.

تحتضن سلالات الفئران التي استخدمها المؤلفون طفرات في الجينات التي تدخل في عملية إصلاح الحمض النووي، التي يُطلق عليها "الإصلاح باستئصال النوكليوتيدات" NER. في إحدى السلالات، ثمة طفرة تقلِّل إنتاج بروتين ERCC1، الذي عادةً ما ينضم إلى إنزيم نوكلياز داخلي خاص بالحمض النووي، مشكِّلًا مركبًا؛ لخلق فواصل في الحمض النووي، واستئصال التتابعات التالفة. ويمكن لطفرات بروتين ERCC1 أن تسبب ثلاثة أمراض في البشر[2]: اضطرابي متلازمة كوكايين Cockayne، ومتلازمة بروجيرويد XFE المتعلِّقَين بالشيخوخة المعجّلة، وجفاف الجلد المصطبغ، الذي يكوِّن المصابون به حساسية شديدة لتلف الحمض النووي، الذي تسبِّبه أشعة الشمس. أما في سلالة الفأر الأخرى، فثمة طفرة تثبِّط إنتاج إنزيم نوكلياز داخلي آخر خاص بالحمض النووي، تُدعى XPG؛ يمكن لطفراته في البشر أن تظهر على شكل جفاف الجلد المصطبغ، ومتلازمة كوكايين[3].

في بحث سابق[4]، تم إثبات أن الفئران التي تحمل طفرات في جين *Ercc1* تبدي العديد من الاستجابات الأيضية نحو الإجهاد، التي تُرى في الفئران السليمة التي يتم تقييد تغذيتها. في كليهما، يتم تعزيز المسارات البيولوجية المشارِكة في الصيانة الفسيولوجية على حساب المسارات المشارِكة في عملية النمو. ويُعتقد أن تلك الاستجابة تحدث من أجل البقاء، إذ تساعد في حماية الفئران التي تعاني من نقص في عملية الإصلاح باستئصال النوكليوتيدات. لذا، عمد فيرميه وزملاؤه إلى التحقق مما إذا كانت القيود الغذائية تستطيع تعزيز هذه الاستجابات الوقائية في نماذج الحيوانات الخاصة بهم، أم لا. وبالفعل أدَّى التقييد الغذائي بنسبة 30% إلى زيادة ضخمة في عمر سلالتي الفئران، مقارنة بأترابها التي أُتيح لها الغذاء بغير حدود؛ لتتناوله حسب الرغبة (ما يُطلق عليه التغذية الحرة، أو *ad libitum* باللاتينية).

إنّ إحدى نقاط ضعف العديد من الاستقصاءات المتعلقة بالتقييد الغذائي هي فشلها في التقصي الدقيق للسمات الفسيولوجية والبنيوية للكائن الحي موضع الدراسة، التي يمكن استخدامها لتقدير العمر الذي يقضيه بصحة جيدة. لذا، يُعتبر البحث الذي أجراه فيرميه وزملاؤه استثناءً مُرَحَّبًا به، إذ يستقصي مجموعة واسعة من السمات ذات الصلة، ومن ضمنها تلك التي تشمل المخ، والأنظمة العصبية العضلية، والمعرَّضة تحديدًا للإصابة بالضرر في حالات اضطرابات عمليات إصلاح الحمض النووي في البشر[5]. النتيجة الملفتة للنظر كانت أن الفئران الطافرة التي تعرّضت للتقييد الغذائي احتفظت بـ50% أكثر من الخلايا العصبية عمّا احتفظت به أترابها التي وُضعت على نظام التغذية الحرّة. وإضافة إلى ذلك، تم خَفض واسمات تلف الحمض النووي في الحيوانات المعرَّضة للتقييد الغذائي (الشكل 1)، وتم حفظ بيانات الانتساخ بشكل أفضل.

كما ظهرت أيضًا نتائج أخرى مثيرة للاهتمام، فمثلًا، أظهر الباحثون أن الفئران المصابة بعوز بروتين ERCC1، التي وُضعت على نظام التغذية الحرّة، كانت جيناتها التي ترمِّز البروتينات الكبيرة أكثر تضررًا من تلك التي ترمز البروتينات الصغيرة؛ وهو أمر منطقي، إذ إنّ تلف الحمض النووي يحدث بشكل عشوائي. وهكذا، فإن الجينات الطويلة تتعرض لكميات غير متكافئة من الضرر العشوائي. وكمثال آخر، انخفضت كذلك أوزان الفئران التي تعاني من عَوَز في جينات عملية الإصلاح باستئصال النوكليوتيدات ـ والتي وُضعت على نظام التغذية الحرة ـ بشكل تدريجي مع مرور الوقت. ووجد فيرميه وزملاؤه أن هذه الحيوانات نفقت عندما وصلت تقريبًا إلى الوزن نفسه الذي وصلت إليه الحيوانات الطافرة الخاضعة للتقييد الغذائي، التي انخفض وزنها في البداية بشكل سريع، ثم حافظت بعد ذلك على وزن ثابت. ومجددًا، يبدو الأمر منطقيًّا.. ففقدان الوزن في الحيوانات الطافرة الموضوعة على نظام التغذية الحرة يعكس التراجع الفسيولوجي، في حين أن فقدان الوزن الأوَّلي المرتبط بالتقييد الغذائي المؤقت يعزِّز ـ في واقع الأمر ـ الوظائف الفسيولوجية.



الشكل 1 | حياة أفضل لعمر أطول. أ. الإصلاح باستئصال النوكليوتيدات (NER) عملية يتم بواسطتها إصلاح تلف الحمض النووي، وتُظْهِر الفئران الحاضنة لطفرات جينية في الجينات *Ercc1*، أو *Xpg* عوزًا في عملية الإصلاح تلك. يتراكم التلف في الحمض النووي، ويتم تثبيط إرسال الإشارات عبر البروتين IGF1، فتشيخ الفئران بمعدل سريع، بيد أن الآليّات التي تؤثر بها هذه المسارات على الشيخوخة غير واضحة (الأسهم المقطعة). **ب.** ذكر فيرميه وزملاؤه[1] أن تقييد تغذية الفئران المصابة بعوز في عملية الإصلاح باستئصال النوكليوتيدات يقلل من تلف الحمض النووي، ويزيد من تثبيط تأشير IGF. كما يزداد متوسط عمر الفئران بشكل ملحوظ، مقارنةً بنظيراتها التي تأكل بِحُرِّيَّة، كما تبقى في صحة جيدة لفترة أطول بكثير.

ومنذ وقت طويل كان معروفًا أن التقييد الغذائي يطيل العمر الذي يقضيه الكائن الحي في صحة جيدة، وذلك في العديد من أنواع الحيوانات[5]. وتتعدل آثار عملية الشيخوخة الطبيعية في الأساس عن طريق تثبيط مسارات التأشير الجزيئي لمركّبَي IGF1، وmTOR[6]، اللذين يلعبان أدوارًا في استشعار العناصر الغذائية. إنّ تأشير IGF مثبَّط بالفعل في الفئران[2] المصابة بعوز في عملية الإصلاح باستئصال النوكليوتيدات، ولذا، يبدو مفاجئًا أن تكون العيوب الملاحظة في هذه الحيوانات يمكن إصلاحها جزئيًّا، عن طريق التقييد الغذائي. ومع ذلك، أكّد الباحثون أن مساري IGF1، وmTOR يتم تثبيطهما أكثر في الحيوانات الطافرة التي تتبع نظام التقييد الغذائي؛ مما يشير إلى أن تثبيط المسارات يعدِّل مدى امتداد العمر، جزئيًّا على الأقل.

إذَن، كيف يتمكّن التقييد الغذائي من الحدّ من تَراكُم تلف الحمض النووي؟ على الرغم من أن فيرميه وزملاءه يقولون إنه من المستحيل أن يكون هناك دور للمسارات التعويضية المعززة لعمليات إصلاح الحمض النووي، إلا أنه تكهُّن يستحق ـ في رأينا ـ مزيدًا من البحث. كما يتكهن الباحثون أيضًا بوجود استجابة مُبالَغ فيها لتلف الحمض النووي في الفئران التي تعاني من عوز عملية الإصلاح باستئصال النوكليوتيدات، ربما كجزء من زيادة استجابة الكائن الحي لمختلف إشارات الإجهاد. وربما تسهم التعديلات المصاحبة في تنظيم الأيض ـ إلى جانب التغيرات في وظيفة الميتوكوندريا (العضيّات المنتجة للطاقة) ـ في تحريك الأيض الخلوي نحو أدوار تحمي الجينوم من التلف.

وثمة ملاحظة أخرى، أشار إليها فيرميه وزملاؤه، قد توجِّه الانتباه نحو آلية للحدّ من تلف الحمض النووي، تعتمد على التقييد الغذائي، وهي زيادة استجابات الإجهاد الجزيئي في الحيوانات المصابة بعوز بروتين ERCC1. تتعدل استجابات الإجهاد تلك ـ جزئيًّا ـ عن طريق تأشير mTOR[6]. كما أن العلاج لفترة طويلة بواسطة جزيء راباميسين الذي يثبط تأشير mTOR يقلّل من تراكم تلف الحمض النووي في متلازمة ويرنر[7]، وهو اضطراب آخر متعلق بعدم الاستقرار الجينومي. وكانت هناك أمثلة أخرى لعلاجات يومية بالراباميسين تسبِّب إطالة في العمر؛ فمثلًا، يضاعف الراباميسين عمر الفئران التي تفتقر إلى Ndufs4 ـ وهو أحد بروتينات الميتوكوندريا المشاركة في إنتاج الطاقة[8] ـ بثلاثة أضعاف تقريبًا.

إن دراسة فيرميه وزملائه تعزِّز كثيرًا الأدلة الداعمة لفكرة أن عدم الاستقرار الجينومي يمثل آلية رئيسة تكمن وراء متلازمات بروجيرويد البشرية[9]. وإضافة إلى ذلك، يمكن اختبار التقييد الغذائي المعتدل بسرعة، وبكلفة منخفضة على المرضى الذين يعانون من هذه الحالات. وما من شك في أن النتائج التي تَوَصَّل إليها الباحثون ستؤدي إلى القيام بتجارب إكلينيكية خاضعة لمراجعة الأقران تختبر التقييد الغذائي المعتدل، وربما أيضًا مثبطات mTOR، في المرضى الذين يعانون من متلازمات بروجيرويد التي تتضمن عمليات إصلاح الحمض النووي التالف.

وأخيرًا، يتعين على الدراسة تقديم الزخم المطلوب بشدة للجهود المبذولة لاكتشاف المُحَاكِيات الدوائية للتقييد الغذائي التي يمكن استخدامها في البشر. ونظرًا إلى التنوع الجيني والبيئي الهائل بين البشر، والاستجابات شديدة التنوع لسلالات الفئران المختلفة نحو التقييد الغذائي[10]، فإن استجابات الأفراد لعقاقير كهذه ربما ستكون شديدة الاختلاف. وستكون هناك حاجة إلى إجراء تجارب إكلينيكية واسعة النطاق، قبل التوصية باعتماد التقييد الغذائي كعلاج عام لحماية الجينات أثناء عمليات الشيخوخة الطبيعية. ■

جونكو أوشيما، و**جورج إم. مارتن** يعملان في قسم علم الأمراض، جامعة واشنطن، سياتل، واشنطن 98195، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: picard@u.washington.edu
gmmartin@u.washington.edu

1. Vermeij, W. P. *et al. Nature* **537,** 427–431 (2016).
2. Manandhar, M., Boulware, K. S. & Wood, R. D. *Gene* **569,** 153–161 (2015).
3. Vermeulen, W., Jaeken, J., Jaspers, N. G., Bootsma, D. & Hoeijmakers, J. H. *Am. J. Hum. Genet.* **53,** 185–192 (1993).
4. Niedernhofer, L. J. *et al. Nature* **444,** 1038–1043 (2006).
5. Laugel, V. *Mech. Ageing Dev.* **134,** 161–170 (2013).
6. Fontana, L., Partridge, L. & Longo, V. D. *Science* **328,** 321–326 (2010).
7. Saha, B., Cypro, A., Martin, G. M. & Oshima, J. *Aging Cell* **13,** 573–575 (2014).
8. Johnson, S. C. *et al. Science* **342,** 1524–1528 (2013).
9. Hisama, F. M., Oshima, J. & Martin, G. M. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* **6,** a025882 (2016).
10. Liao, C.-Y., Johnson, T. E. & Nelson, J. F. *Exp. Gerontol.* **48,** 1025–1029 (2013).

حفظ

خريطة بصمة الإنسان على الأرض

تحليل تأثير الإنسان المباشر في أنحاء سطح كوكب الأرض، باستخدام صور الأقمار الصناعية والمسوح الأرضية، يكشف عن نطاق "بصمة الإنسان" على العالَم، وما طرأ عليها من تغيُّرات بين عامي 1993، و2009.

فيليب جيه. كيه. ماكجاون

تتسبَّب البشرية في تغيُّرات غير مسبوقة للكرة الأرضية، لدرجة أننا ربما نكون بصدد الدخول في حقبة جيولوجية يهيمن عليها الإنسان، يُطلَق عليها عصر الأنثروبوسين[1,2]، وتخطِّي الحدود البيئية التي يمكننا أن نتعايش فيها بسلام[3,4]. وينعكس أثر زيادة وحدّة التأثيرات البشرية على المحيط الطبيعي في التغيُّرات التي تطرأ على المَواطن الطبيعية، وأنواع الكائنات التي تعيش بها، وعادةً ما تكون هذه التغيرات بمثابة فقدانها، أو تدهورها. إننا بحاجة إلى فَهْم، ليس فقط أين تحدث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الضغوط البشرية، ولكنْ أيضًا أين تكون في أوضح صورها، وكيف تتغير مع مرور الوقت. ومن خلال الاستفادة من توافر مجموعات البيانات العالمية حول مجموعة من الضغوط البشرية على مدار 16 عامًا، تُقدِّم أبحاث فينتر وزملائه ـ التي نُشرت في دوريّتَي "نيتشر كوميونيكيشنز" *Nature Communications*[5]، و"ساينتفيك داتا" *Scientific Data*[6] ـ التحليل الأول لما يمكن أن نُطْلِق عليه "بصمة الإنسان" المتغيرة على البيئة العالمية.

يمارس البشر ضغوطًا بطرق مختلفة ومتعددة على الكوكب، التي ربما تؤدي بشكل مباشر ـ أو غير مباشر ـ إلى تغيُّرات في الأنظمة الطبيعية (الشكل 1). وقد اتُّخذت الخطوة الأولى في توثيق مواقع تأثير الضغوط البشرية في جميع أنحاء العالم في عام 2002 من قِبَل ساندرسون وزملائه[7]، الذين قاموا بتطوير إطار عمل لرسم خريطة لبصمة الإنسان باستخدام ثماني مجموعات من البيانات العالمية للأنشطة البشرية. ويمثِّل وضْع مثل هذه الخريطة تحديًا هائلًا، بسبب تعقيد تأثير البشر على الكوكب؛ ومن ثم، كان عليهم اتخاذ بعض القرارات بشأن ما يتعين عليهم تضمينه عند تطوير خريطتهم لبصمة الإنسان في العالَم، وقد اتبع فينتر وزملاؤه النهج نفسه الذي سار عليه ساندرسون وزملاؤه[7].

قَصَرَ فينتر وزملاؤه تحليلهم على البيئة الأرضية (أي اليابسة)؛ لأنّ قياس بصمة الإنسان في البيئة البحرية سيتطلب نهجًا مختلفًا، ومجموعات بيانات مختلفة؛ فركّزوا على المقاييس المباشرة ـ بدلًا من غير المباشرة ـ للتأثيرات البشرية التي تتوفر لها بيانات، ولم يستخدموا سوى مجموعات البيانات المتاحة ذات التغطية العالمية، والكفاءة العالية، التي يسهل الحصول عليها. وتم استبعاد القارة القطبية الجنوبية والعديد من الجُزُر المحيطية التي لم تغطِّها مجموعات البيانات العالمية تلك. وكان الهدف من تلك القرارات هو تحقيق التناسب بين توفُّر البيانات الحالية، وطموح تطوير إطار عالمي لتقدير التأثيرات البشرية على البيئات على اليابسة.

وقد أضاف المؤلفون إضافات جوهرية لعمل ساندرسون وزملائه، وعملوا على تحديثه من خلال تحليل أحدث مجموعات البيانات الشاملة المتاحة، ومن خلال إضافة تقييم لتغيُّرات البصمة البشرية بمرور الزمن. وإضافة إلى ذلك.. يقدِّم فينتر وزملاؤه خدمة للمستقبل، من خلال تقديم وَصْف واضح لجميع مجموعات البيانات[6]، وكيفية استخدامها. وهذا من شأنه أن يسهِّل الوصول إلى البيانات وطرق المعالجة، بحيث يمكن تطوير النهج، كما أنه سوف يتيح إمكانية تقييم التغيرات في أنماط التأثير البشري في المستقبل باستخدام البيانات المتاحة في ذلك الوقت.

يكمن صميم عمل فينتر وزملائه في الجَمْع بين مجموعات البيانات حول عديد من الضغوط؛ للتوصل إلى تقييم لكيفية تراكُم التأثيرات البشرية، وهو نهْج يقول عنه المؤلفون إنه أكثر دلالةً على مجمل الضغوط البشرية المباشرة من رسم خرائط لضغوط منفردة، بعضها أسهل في التوصل إليه من غيره. والنتيجة هي الحصول على "خريطة تهديد تَراكُميّة"[5] وبصمة بشرية تمثِّل تَراكُم مجموعة من الضغوط المتباينة. وقد حَدَّد فينتر وزملاؤه ثماني مجموعات من البيانات، تمثل الكثافة السكانية، وتغيُّر طبيعة الأرض، وطرق المرور التي استخدمها البشر، والبنية التحتية للطاقة الكهربائية؛ لتكون بمثابة توثيق لهذه البصمة. وقد جُمعت بيانات بتقنية الاستشعار عن بُعْد،





FROM TOP: NASA EARTH OBSERV.; DIGITALGLOBE/GETTY; NASA EARTH OBSERV.

الشكل 1 | بصمات البشر في جميع أنحاء الأرض. قَدَّر فينتر وزملاؤه[5،6] نطاق تغيُّر تأثير الإنسان في جميع أنحاء العالم بين عامي 1993، و2009 عن طريق تحليل صور الأقمار الصناعية، أو باستخدام بيانات المسوح الأرضية. وقد تم رصد خمسة جوانب من النشاط الإنساني: المناطق المبنية، والمناطق ذات الكثافة السكانية، والممرات المائية الصالحة للملاحة (الصورة العليا: صورة الأقمار الصناعية من مدينة فينسيا بإيطاليا)؛ والمناطق المزروعة (الصورة الوسطى: مَزارع العنب بالقرب من مدينة ولبة في إسبانيا)؛ والبنية التحتية الكهربائية، مثل الإضاءة الصناعية (الصورة السفلى: شنجهاي في الصين).

في حين تم جمْع البعض الآخر من خلال المسوح الأرضية.

وهناك ثلاث مجموعات من البيانات (عن المراعي، والطرق، والسكك الحديدية) لم تكن متاحة للتواريخ التي يحتاج إليها المؤلفون؛ لإجراء مقارنات عبر الزمن، ومن ثم لم تُستخدم عند تقييم التغيير. وهذا يجسِّد تحدي الإجابة على السؤال الجوهري حول كيف تغيُّر التأثير البشري على البيئة الطبيعية الأرضية للكوكب. وإذا ما أُجريت دراسة للإجابة عن هذا السؤال، تبدأ من نقطة الصفر؛ فإنها ـ غالبًا ـ لن تنجح في الانطلاق، نظرًا إلى حجم عملية جمع البيانات المطلوبة. وتمثل الدراستان اللتان أجراهما فينتر وزملاؤه معًا نهجًا عمليًّا للتعامل مع هذه التحديات.

وكان أبرز النتائج التي توصلوا إليها هو أن الآثار المباشِرة للتطور البشري يمكن قياسها في 75% من الأنظمة البرية في العالَم، وأن البصمة البشرية قد زادت بنسبة 9% بين عامي 1993، و2009، وهي الفترة التي زاد فيها تعداد السكان بنسبة 23%، والاقتصاد العالمي بنسبة 153%. وتكشِف مقارنةُ البصمات ملاحظات مثيرة للاهتمام، وتستحق مزيدًا من التحليل، وربما يجب أن تصل إلى مسامع مَن بأيديهم رسم السياسات، واتخاذ القرارات، بما في ذلك الحكومات. فعلى سبيل المثال، تنحصر "المناطق الخالية من الضغوط" حاليًّا في خطوط العرض الشمالية البعيدة عن خط الاستواء، وبعض الصحارى، والمناطق النائية من غابات الأمازون والكونغو المطيرة. ويختلف التغير في البصمة البشرية على مدار تلك الفترة مع الجغرافيا والمَواطن الطبيعية؛ فقد أظهرت مناطق، مثل التندرا في أمريكا الشمالية، ومعظم غابات غينيا الجديدة، وبعض الغابات في المناطق المدارية الجديدة (الجزء الاستوائي من القارة الأمريكية) أكبر زيادة في تأثير الإنسان.

وعلى الرغم من أن هذه النتائج تثير في الذهن أفكارًا تستحق الدراسة والفحص، إلا أنها سوف تثير أيضًا تساؤلات ـ فيما يتعلق بالتحذيرات والخصائص ـ حول البيانات المتاحة، وإلى أيِّ مدى تعكس الضغوط البشرية على الأنظمة البيئية الأرضية بصورة ملائمة. وهذا أمر لا مفر منه عند التعامل مع قضية شديدة التعقيد من عدة جوانب؛ فبدلًا من التقليل من شأن هذا العمل، يجب أن يحثّنا هذا على تحسين الأساس النظري، والتنفيذ الفني له؛ حتى يتسنى لنا في المستقبل تطوير خريطة أفضل للتأثيرات البشرية في جميع أنحاء اليابسة في العالم.

إنّ كوكب الأرض يخضع لتغيُّرات جوهرية، ونحن بحاجة إلى طرق لفَهْم كيف تَتَّحِد الضغوط البشرية التي نمارسها على هذا الكوكب، والإخبار بما نتوصل إليه. لقد أنشأ فينتر وزملاؤه إطار عمل، من شأنه أن يتيح للباحثين تعقُّب مجموعة من الضغوط المباشرة، ثم تقديم معلومات يمكن أن تكون ذات أهمية لأولئك الذين يتخذون قرارات سياسية رفيعة المستوى.

ومع ذلك.. فإننا بحاجة إلى أن نُضِيف إلى إطار العمل هذا؛ فعلى سبيل المثال.. ليس لدى علماء البيئة مقياس منفرد حتى الآن؛ لقياس تأثير الصيد عبر الأنظمة البرية، وهذا من شأنه أن يمثل خطوة كبيرة إلى الأمام، نظرًا إلى الضغوط الهائلة الناتجة عن الاستغلال الجائر للأنواع[8]، والضغوط المتزايدة من التجارة غير المشروعة في الحياة البرية[9]. وسيكون من المذهل ـ وعلى الأرجح مِن المثير للقلق ـ أن نرى كيف يمكن لهذا المقياس أن يغيِّر خريطة بصمة الإنسان. ■

فيليب جيه. كيه ماكجاون: يعمل في كلية البيولوجيا بجامعة نيوكاسل أبون تاين NE1 7RU، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: philip.mcgowan@newcastle.ac.uk

1. Crutzen, P. J. & Stoermer, E. F. *IGBP Global Change Newsl.* **41,** 17–18 (2000).
2. Corlett, R. T. *Trends Ecol. Evol.* **30,** 36–41 (2015).
3. Rockström, J. *et al. Nature* **461,** 472–475 (2009).
4. Steffen, W. *et al. Science* **347,** 1259855 (2015).
5. Venter, O. *et al. Nature Commun.* http://dx.doi.org/10.1038/ncomms12558 (2016).
6. Venter, O. *et al. Sci. Data* http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2016.67 (2016).
7. Sanderson, E. W. *et al. BioScience* **52,** 891–904 (2002).
8. Maxwell, S. L. *Nature* **536,** 143–145 (2016).
9. United Nations Environment Assembly. Resolution 2/14 Illegal trade in wildlife and wildlife products. Available at go.nature.com/2bzmsdv

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 8 سبتمبر 2016
طالع نصوص الأبحاث فى عدد 8 سبتمبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

كيمياء حيوية

اكتشاف بنيوي لمسكِّنات أفيونيّة

المورفين هو مركّب شبه قلوي، مستخرَج من خشخاش الأفيون، ويُستخدم لعلاج الألم. ويُعْتَقَد أن الآثار الجانبية المميتة المحتمَلة للمورفين والمواد الأفيونية الشبيهة به ـ ومنها التثبيط المميت للتنفس ـ تحدث بواسطة تأثير مستقبِل الأفيونيات μ (μOR)، من خلال مسار "بيتا أرستين"، أو من خلال النشاطات في مستقبلات أخرى. وعلى العكس، يُعتقد أن تأشير مستقبِل الأفيونيات μ لبروتين G يتسبب في تسكين الألم. وقد دَرَس الباحثون بِنيَة أكثر من 3 ملايين جزيء، مقارنة بِبنيَة μOR؛ واكتشفوا سقالات جديدة داخل التركيب، غير مرتبطة بأيّ أفيونيات معروفة. وأثمرت النتائجُ معرفةَ المركّب PZM21 – وهو منشِّط Gi قويّ، ذو انتقاء عال للمستقبِل μOR، واستقطاب أدنى لبيتا أرّستين – 2. وبخلاف المورفين، يُعتبر مركّب PZM21 أكثر فعالية في الجانب المؤثر من تسكين الألم من فعاليته في الجانب الانعكاسي من تسكين الألم، كما يخلو من كلٍّ من النشاط المعزّز لتثبيط التنفس، ومن الآثار الشبيهة بالمورفين في الفئران، في الجرعات الكافية لتسكين الألم. وبالتالي، يعمل مركّب PZM21 كمسبار يفكِّك تأشير مستقبِل μOR، وكإنجاز علاجي خال من الكثير من الآثار الجانبية للأفيونيات الموجودة حاليًّا.

A Manglik *et al*

doi: 10.1038/nature19112

أحياء مجهرية

دواء جديد يستهدف ثلاثة أمراض استوائية

يعاني 20 مليون شخص حول العالم من مرض شاجاز، ومرض الليشمانيا، ومرض النوم، التي تؤدي ـ مجتمِعةً ـ إلى وفاة أكثر من 50 ألف شخص سنويًّا. وتتسبب في هذه الأمراض الإصابةُ بعدوى أجناس الطفيليّات *Trypanosoma cruzi*، و*Leishmania*، و*Trypanosoma brucei*، بالترتيب. تملك هذه الطفيليات بيولوجيا متشابهة، وتتابعات جينومية متشابهة، مما ينمّ عن أن الأمراض الثلاثة كلها يمكن علاجها بأدوية تعدِّل نشاط الهدف الطفيلي المحفوظ، إلا أنه حتى هذا الحين لم يتم التعرّف على مثل هذه الأهداف الجزيئية، أو الأدوية واسعة المجال. يصف الباحثون مثبِّطًا انتقائيًّا لبروتيزوم الطفيل (GNF6702) ذا فعالية غير مسبوقة في النسيج الحي، قام بتصفية الطفيليات من الفئران في كل نماذج العدوى. يثبط GNF6702 البروتيزوم الطفيلي من خلال آليّة غير تنافسية، ولا يثبط بروتيزوم الكائن الثديي، أو نمو خلاياه، وتحتمله الفئران بشكلٍ جيد. وأكدت البيانات التي حصل عليها الباحثون الصلاحية الجينية والكيميائية للبروتيزوم الطفيلي، بصفته هدفًا علاجيًّا واعدًا لعلاج عدوى الطفيليات، كما أكدت إمكانية تطوير فئة واحدة من الأدوية لعلاج هذه الأمراض المُهمَلَة.

S Khare *et al*

doi: 10.1038/nature19339

أحياء خلوية

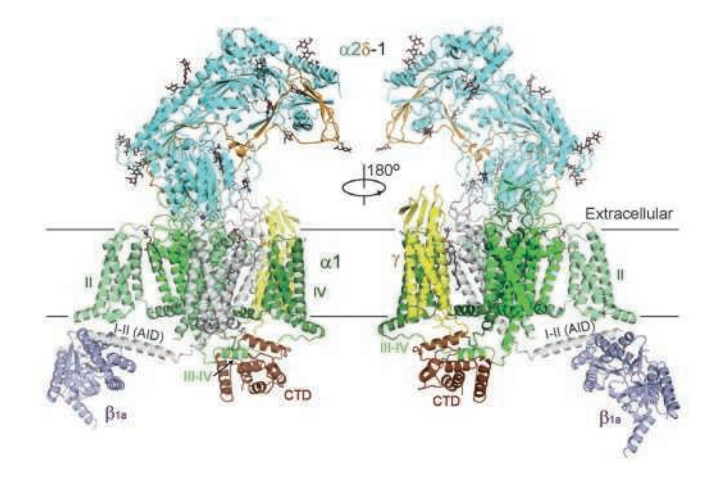
هيكل لقناة الكالسيوم Ca_V 1.1

تستطيع قنوات الكالسيوم (Ca_V) بَوّابيّة الجهد تحويل الإشارات الكهربائية بالغشاء إلى كالسيوم Ca^{2+} داخل الخلايا. ومن بين عشرة أنواع فرعية من قنوات الكالسيوم (Ca_V) في الثدييات، يختص Ca_V1.1 باقتران إثارة وتقلص العضلات الهيكلية. يستعرض الباحثون بِنْيَة بالمجهر الإلكتروني المبرّد لمركّب Ca_V1.1 في أرنب عند دقة صورة تُقَدَّر بـ3.6 أنجسترومٍ. ويتم إغلاق البوابة الداخلية لوحدة α1 الفرعية للتوصيل الأيوني؛ لتتخذ جميع مجالات استشعار الجهد الأربعة هيئة علوية، تشير إلى حالة تعطُّل جهدية. تشكِّل الحلقات خارج الخلية الممتدة لمجال المسام ـ التي استقرت بروابط عديدة لثاني الكبريتيد ـ قبة إطارات فوق مرشح انتقائي. يوفر جانب من القبة موقع الْتِحَام للوحدة الفرعية α2δ-1، في حين أن الجانب الآخر قد يجذب كاتيونات، من خلال جهد سطحه السلبي. تتفاعل اللوالب الموصّلة بين الخلايا I-II، وIII-IV مع الوحدة الفرعية a1β، ومجال α1 كربوكسي الطرف، على التوالي. وقد أسفر تصنيف الجزيئات عن عمليتي إعادة بناء إضافيّتين، كَشَفَتَا عن نزوح واضح لـ β1a والعناصر المجاورة لها في α1. يضع النموذج الذَّرِّي لمركّبات Ca_V1.1 الأساس لفهم آلية اقتران الإثارة والتقلص، وأتاح نموذجًا ثلاثي الأبعاد للتفسيرات الجزيئية لوظائف وآليّات أمراض لقنوات الكالسيوم Ca_V، والصوديوم Na_V.

J Wu *et al*

doi: 10.1038/nature19321

الشكل أسفله | هيكل عام لمركّب Cav 1.1 للأرنب. تمت نمذجة وتقنيح الهيكل الموضح هنا أوليًّا بدرجة وضوح على مستوى الأنجستروم، طبقًا لخريطة EM I. وتمت نمذجة القطاعات الخلوية الداخلية على أساس خريطة من الدرجة الأولى class Ia، أما بالنسبة إلى VSDIII، فقد تم بناؤه اعتمادًا على خرائط الطبقة الأولى، والدرجة الثانية. تم ترميز الوحدات الفرعية المتميزة لونيًّا في الهيكل، حيث تم تلوين المتكررات المتماثلة الأربعة (مكرر I-IV) من الوحدة الفرعية α1 - بلون أخضر أكثر قتامة على نحو متزايد. تظهر أنصاف الجليكوزيل والدهون كأعواد سوداء. وتم إعداد جميع أشكال الهياكل ببرنامج PyMol .



علم الحيوان

تواريخ نمائيّة مشتركة

إن فَهْم التحوُّل التطوريّ لزعانف السمك إلى أطراف رباعيات الأقدام يُعَدّ مسألة جوهريّة في علم البيولوجيا. فقد ظلّ البحث عن أسلاف أصابع رباعيات الأقدام أمرًا محل خلاف، بسبب الاختلاف البنيوي بين الهياكل العظمية الأبعد للأطراف وللزعانف من الناحية النمائية والهستولوجية. وإضافةً إلى ذلك، فإن المقارنات بين الزعانف والأطراف ظلّت مرتبطة بالندرة النسبية للبيانات عن العمليات الخلوية والجزيئية الكامنة وراء نمو الهيكل العظمي للزعانف. ويقدِّم الباحثون تحليلًا وظيفيًّا باستخدام تقنية كريسبر-كاس9، وخريطة أصول الخلايا الجنينية لجينات ومُحَسِّنات *5´hox* في سمكة الزرد، التي لا غنى عنها في نموّ المعاصم والأصابع في رباعيّات الأقدام. ويكشف الباحثون أن الخلايا المُؤَشَّرة بنشاط جين *hoxa13* تُشكِّل عناصر طيّات الزعانف، ومنها الخلايا بانِيَة العظم في الأشعّة المتعلقة بالجلد. وفي السَّمَك الذي عُطِّل فيه جين *hox13*، وجد الباحثون أن النقص الواضح وفقدان أشعّة الزعانف مرتبطٌ بعدد متزايد من عظام الكعبرة الغضروفية الأبعد. وتوضح هذه الاكتشافات وجود اتصال خلوي وجيني بين أشعة الزعانف في السَّمَك والأصابع في رباعيات الأقدام، وتشير إلى أن الأصابع قد نشأت من انتقال مصائر الخلايا الأبعد.

T Nakamura *et al*

doi: 10.1038/nature19322

فيزياء

التحكم الضوئي في السوائل

إنّ التحكم في كميات صغيرة من السوائل له تطبيقات تتراوح من الأجهزة الطبية إلى نقل السوائل. ويُعتبر التحكم الضوئي المباشر في السوائل ـ خصوصًا عند التحفيز بقوى شعرية ناجمة عن الضوء ـ هو موضع اهتمام خاص، لأن الضوء يمكن أن يوفر تحكُّمًا مكانيًّا وزمنيًّا عن بُعد. ومع ذلك.. تعاني التقنيات الحالية التي تعمل بالضوء من قصور، يتمثل في المقاومة الشديدة لحركة السائل، بسبب تأثير تثبيت خط الاتصال. ويُورِد الباحثون استراتيجية لمعالجة فقاعات السوائل، عن طريق تشوُّه غير متماثل مستحث ضوئيًّا من المشغلات الأنبوبية، يدفع قوى شعيرية لدفع السائل. يتم تصنيع مشغلات ميكروية بمختلف الأشكال (مستقيمة، وعلى "شكل حرف Y"، وأفعوانية، وحلزونية) من بوليمرات بلورات سائلة خطية قوية ميكانيكيًّا. وبمقدور هذه المشغلات الميكروية توقيع تحكم ضوئي على أنواع متعددة من السوائل خلال مسافة طويلة مع سرعة تحكُّم وتوجيه، وبالتالي خلط سوائل متعددة الأطوار، ومَزْجها؛ لجعل السوائل تسير صعودًا. ومن المتوقَّع أن تجد هذه المشغلات الميكروية ـ القابلة للتعديل ضوئيًّا ـ استخدامات في المفاعلات الميكروية، وإعداد مختبَر على رقاقة، وفي نظم ميكانيكية-ضوئية ميكروية.

J Lv *et al*

doi: 10.1038/nature19344

فلك

انضغاط وتذرية سُحُب شريط أوريون

يتكون شريط أوريون من حافة بدائية على سطح سحابة جزيئية، تنيره أشعة فوق بنفسجية قوية من نجوم ضخمة قريبة. ويتيح قربنا النسبي لسديم أوريون (حوالي 1350 سنة ضوئية من الأرض) دراسة آثار ردود الفعل النجمية على أصل السحابة بالتفصيل. وتبيِّن ملاحظات الضوء المرئي من شريط أوريون أن الانتقال بين الغاز المتأين الساخن، والغاز الذري المتعادل الدافئ (جبهة التأين) مفصول مكانيًّا من الانتقال بين الغاز الذَّري والجزيئي (جبهة التفكك) بحوالي 15 ثانية قوسية، أو 6200 وحدة فلكية (الوحدة الفلكية الواحدة هي المسافة بين الأرض والشمس). وتتوقع نماذج التوازن الساكنة المستخدَمة في تفسير ملاحظات الأشعة تحت الحمراء البعيدة والراديوية السابقة للغاز المتعادل في شريط أوريون (عادة بدِقَّة 10-20 ثانية قوسية) بِنْيَة سحابة غير متجانسة، تتكون من كتل كثيفة مُضَمَّنة في مكوِّن غاز ممتد، أقل كثافة. ويُورِد الباحثون صورًا مِلِّيمترية بدِقَّة ثانية قوسية تتيح تحليل سطح السحابة الجزيئية. وعلى النقيض من تنبؤات النماذج الساكنة، لا يوجد تعويض يمكن إدراكه بين ذروة الانبعاثات التذبذبية H_2 (ترسيم انتقال H/H_2)، وانبعاث حافة CO، وHCO^+ الملاحَظ. وهذا يعني أن مناطق انتقال H/H_2، و$C/C/CO^+$ قريبة جدًّا، حيث توجد سلسلة من القِمَم المجزَّأة من طبقات تحتية ذات كثافة عالية، وتدفُّق مُزال ضوئيًّا للغاز، واختلالات على سطح السحابة الجزيئية. وتشير النتائج إلى أن حافة السحابة قد تم ضغطها من موجة ضغط عال تتحرك داخل السحابة الجزيئية، مما يدل على أهمية الآثار الديناميكية وغير المستقرة في تطوُّر السحابة.

J Goicoechea *et al*

doi: 10.1038/nature18957



غلاف عدد 15 سبتمبر 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 15 سبتمبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الأرض

أصل التركيب النوويّ للنيوديميوم 142

يَفترِض نموذجٌ نظريّ موضوع منذ زمن طويل أن التراكيب الكيميائيّة والنظائريّة لعناصر عديدة في جملة السيليكات الأرضيّة مطابِقةٌ لما في نيازك الكوندريت، إلا أن ما هو ميسورٌ من العيِّنات الأرضية التي يمكن تحليلها يحتوي على نسبة نيوديميوم (^{142}Nd)/ نيوديميوم (^{144}Nd) أعلى مما في الكوندريت. ولأنّ ^{142}Nd هو ناتج التحلل لعنصر الساماريوم ^{146}Sm المنقرض الآن (الذي يصل عمره النصفي إلى 103 ملايين سنة)، فإن هذا الاختلاف في نسبة ^{142}Nd يمكن تفسيره، إذا ما اعتبرنا أن نسبة Sm/Nd أعلى في الأرض، مقارنةً بنيازك الكوندريت. ويرجَّح أن هذه الزيادة قد نشأت خلال تمايز السيليكات على مستوى كوكب الأرض خلال الـ30 مليون سنة الأولى مِن تكوُّن النظام الشمسي، وتدلّ على تكوُّن احتياطي تكميلي مُسْتَنْفَد ^{142}ND، إما أنه يكمن في أعماق الأرض، أو ضاع في الفضاء بفعل التآكل الناتج عن الاصطدام. وما زالت مسألة وجود هذا الاحتياطي التكميلي من عدمه محلّ جدل، وما إذا كان مفقودًا في الأرض، أم لا. ولهذه المسألة دلالات في تحديد جملة تركيب الأرض، ومحتواها الحراريّ، وبِنيتها، وتوثيق أنماط تطوُّرها الجيوديناميكي ومقاييسه الزمنية. ويكشف الباحثون أن الأجسام السالفة للأرض كانت غنية بالنيوديميوم الذي نتج عن عملية أَسْر النيوترونات البطيئة (s-process) في التخليق النوويّ. ويؤدي الفائض في هذه العملية إلى تولُّد نِسَب $^{142}Nd/^{144}Nd$ أعلى؛ إلا أنه بعد تصحيح هذا الأثر، تصبح نسب $^{142}Nd/^{144}Nd$ في الكوندريت والأرض الميسورة متعذِّرة التمييز في خمسة أجزاء من المليون. وبالتالي، تعكس إزاحة ^{142}Nd بين سيليكات الأرض الميسورة والكوندريت ـ وليس عمليّات التمايز المبكِّرة ـ نسبة أعلى من النيوديميوم الناتج عن عملية أسْر النيوترونات البطيئة. وهكذا، تتجاهل نتائج الباحثين الحاجة إلى نماذج أرضية لاحتياطي خفيّ، أو نسبة أعلى مما في الكوندريت، وتوحي بوجود نسبة Sm/Nd في كوكب الأرض كله. ورغم أن نيازك الكوندريت قد تكونت في مسافات شمسية المركز، أبعد من الأرض، وتحتوي خليطًا مختلفًا من مكونات قبل شمسية أكثر من الأرض، إلا أنها وسيط ملائم للتركيب الكيميائي للأرض.

C Burkhardt *et al*

doi: 10.1038/nature18956

فيزياء

الاختزال المُحَسَّن لـCO_2 المحفَّز كهربيًّا

إن الاختزال الكهربي الكيميائي لثاني أكسيد الكربون إلى أول أكسيد الكربون هو الخطوة الأولى في تخليق وقود كربوني ومؤونة كربونية أكثر تعقيدًا، باستخدام الكهرباء المتجددة. ولسوء الحظّ، يواجه التفاعل مشكلةَ الحركية البطيئة، بسبب انخفاض التركيز المحلي لثاني أكسيد الكربون المحيط بمُحَفِّزات التفاعل المعتاد لاختزاله. وتُعرف الأيونات الموجبة للمعادن القلويّة بقدرتها على التغلّب على هذا العائق، من خلال تفاعلات غير تساهميّة مع أنواع الكواشف المُمْتَزَّة، إلا أن هذا الأثر محدودٌ بقابليّة أملاح هذه المعادن للذوبان. كما يمكن لجهود الأقطاب الكهربيّة الكبيرة المستخدَمة أن تُحَسِّن امتزاز ثاني أكسيد الكربون، إلا أن هذا يحدث على حساب زيادة ارتقاء الهيدروجين (H_2). ويسجِّل الباحثون أن الأقطاب الكهربية نانوية البِنْيَة تُنْتِجُ ـ مع استعمال فرط جُهد كهربائيّ منخفض ـ حقولًا كهربيّة محليّة عالية، تُرَكِّز الأيونات الموجبة في الإلكتروليت، وتؤدي بدورها إلى تركيز محليّ عالٍ من ثاني أكسيد الكربون، قريب من سطح التفاعل النشط لاختزاله. تكشف المحاكاة عن تولُّد مجالات كهربية أعلى بعشرة أضعاف على رؤوس معدنيّة نانوية الحجم، مقارنةً بمناطق الإلكترود شبه المسطّحة، كما أكّدت القياسات باستخدام الإبر النانوية الذهبيّة وجود تركيز للكاشف المُسْتَحَثّ، يُتيح لتفاعل اختزال ثاني أكسيد الكربون الاستمرار بكثافة تيّار هندسية لأول أكسيد الكربون، تبلغ 22 ملِّي أمبير لكل سنتيمتر مربع عند -0.35 فولت (بفرط جُهد 0.24 فولت). يتجاوز هذا الأداء ـ بقيمة أُسِّيَّة ـ أداءَ أفضل العُصِيّ النانوية الذهبية، والجزيئات النانوية، ومُحَفِّزات المعادن النبيلة المشتقة بالأكسدة. تنتج إبر البالاديوم النانويّة المُحَفَّزة كهربيًّا الشبيهة في التصميم الفورمات بكفاءة فارادية تتجاوز 90 في المائة، وبكثافة تيّار هندسية غير مسبوقة للفورمات، تصل إلى 10 ملّي أمبير لكل سنتيمتر مربع عند -0.2 فولت، ما يوضح صلاحية أكبر لتطبيق فكرة تركيز الكاشف المُسْتَحَثّ.

M Liu *et al*

doi: 10.1038/nature19060

علم البيئة السلوكي

غراب هاواي يستخدم الأدوات بنمط فطريّ

عدد محدود فقط من أنواع الطيور يُعْرَف بقدرته على استخدام الأدوات للبحث عن الغذاء في البرية. ومِن بين هذه الأنواع يبرز غراب كاليدونيا الجديدة (واسمه العلمي *Corvus* (*Moneduloides*)، الذي يتميز بمهاراته المتطورة في صناعة الأدوات. ورغم كثرة الافتراضات والتخمينات التي

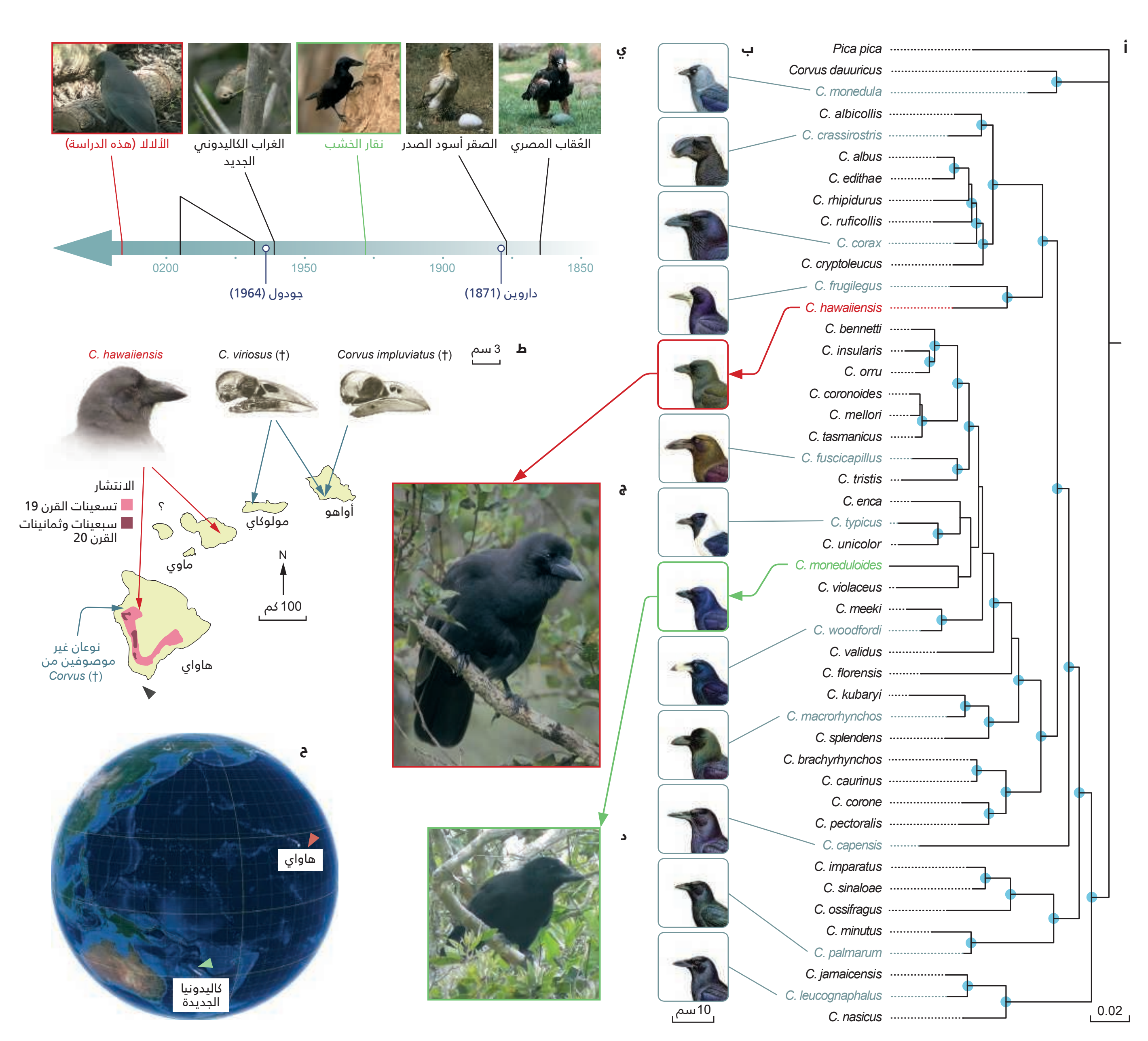
تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وضعها العلماء، لا تزال الجذور التطورية للسلوك المدهش في استخدام الأدوات لدى هذا النوع غير معروفة إلى حد بعيد، ولعل ذلك بسبب عدم اكتشاف كائنات من الفصيلة ذاتها مستخدِمة للأدوات بطبيعتها، تجعل من الممكن عقد مقارنات ثرية بالمعلومات. ويكشف الباحثون في هذا البحث أن هناك طائرًا استوائيًّا آخر من فصيلة الغرابيات ـ وهو غراب هاواي، المعروف أيضًا باسم "ألالا"، (واسمه العلمي *Corvus Hawaiiensis*) ـ بارع أيضًا في استخدام الأدوات. ورغم أن الـ"ألالا" قد صار نوعًا منقرضًا في البرية منذ بدايات القرن الواحد والعشرين، وأنه لا يعيش حاليًّا سوى في الأَسْر، إلا أنّ هناك مجموعتين من الأدلة ـ على الأقل ـ تشيران إلى أن استخدام الأدوات هو جزء من الحصيلة السلوكية الطبيعية لهذا النوع؛ حيث يُطَوِّر صغار هذا النوع استخدامًا وظيفيًّا للأدوات، دون سابق تدريب، أو مُدخلات اجتماعية من البالغين؛ كما يبدو أن الاستخدام البارع للأدوات قدرةٌ عامة يتميز بها النوع كله. لقد تطورت غربان الـ"ألالا" وغربان كاليدونيا الجديدة في بيئات متشابهة على جُزُر استوائية نائية، بيد أن النوعين بعيدا القرابة، مما يشير إلى أن قدراتهما الفنية قد نشأت بشكل متقارب. يدعم هذا الاستنتاج الرأي القائل إنّ استخدام الطيور للأدوات للبحث عن الغذاء تُسَهِّله الظروف البيئية المعتادة في الجُزُر، مثل ضَعْف التنافس على الفرائس الدفينة، وقلة مخاطر الافتراس. ويخلق هذا الاكتشاف فرصًا مثيرة للاهتمام؛ لإجراء بحوث مقارنة على أنواع متعددة من الغربان المستخدِمة للأدوات، وغير المستخدِمة للأدوات. وهذا النوع من البحوث سيمهد الطريق بدوره لمقارنات مضاعَفة ـ عبر المجموعات التصنيفية ـ مع الرئيسيات، مما يتيح إمكانية التوصل إلى آراء ثاقبة فيما يتعلق بالأصول التطورية لسلوك استخدام الأدوات.

C Rutz *et al*

doi: 10.1038/nature19103

الشكل أسفله | السياق التطوّري السلالي والجغرافي الأحيائي لسلوك استخدام الأدوات لدى الغربان. أ: تاريخ سلالة جنس *Corvus* (الدوائر الزرقاء، الاحتمالات البعديّة ≥ 0.90). شريط القياس: البدائل المُقَدَّرة لكلّ موقع. **ب:** التباين في المورفولوجيا الجمجمية الوجهية (Lynx Edicions). **ج:** أحد آخِر غربان الألالا البريّة (27 فبراير 1998، كيالاكيكوا، هاواي؛ الصورة: Jack Jeffery Photography). **د:** غراب كاليدونيا الجديدة (الصورة: M. Griffioen). **هـ:** موقع هاواي وكاليدونيا الجديدة (صورة الكرة الأرضيّة: NASA، Google Earth، الماسح الجيولوجي الأمريكيّ). **و:** غرابيّات هاواي (اتحاد علماء الطيور الأمريكيّ؛ الصورة: C.R.)، والانتشار التاريخيّ للألالا (USFWS). † تشير إلى الأنواع المنقرضة. **ز:** الخط الزمنيّ لاكتشاف الطيور المعروفة معتادة استخدام الأدوات (الصور: A. Gandolfi/naturepl.com؛ D. Pintimalli؛ D. Brinkhuizen؛ J. Troscianko)، مع تقارير تاريخية عن الشمبانزي لداروين، وجودول، كمرجع.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الأورام

تثبيط انتشار الأورام الميلانينيّة

الأورام الميلانينيّة هي أشد أشكال سرطان الجلد الشائعة فتكًا، بسبب قدرتها على الانتشار. ورغم الارتباط الوثيق بين إعادة البرمجة الأيضيّة، وتَقَدُّم الورم، لا يزال أثر الدوائر المُنَظِّمة للأيض على العمليات الأيضية غير مفهوم تمامًا. ويُعَدّ PGC1α مُنَشِّط نَسْخ ثانوي يحفِّز النشوء الحيوي بالميتوكوندريا، ويحمي ضد الإجهاد التأكسدي، ويعيد برمجة أيض الأورام الميلانينيّة؛ للتأثير على الحساسية للأدوية، وفترة البقاء. ويقدِّم الباحثون بيانات تشير إلى أن PGC1α يثبِّط أيض الأورام الميلانينيّة، من خلال مسار مختلف عن مسار وظائفه الحيوية. وترتبط زيادة التعبير عن PGC1α ارتباطًا عكسيًّا بالنمو الرأسي في عيِّنات الأورام الميلانينية في الإنسان، حيث يحوِّل إخماد PGC1α خلايا الورم الميلانيني ضعيفة الانتشار إلى خلايا غازِيَة، وعلى عكس ذلك، تؤدي إعادة تشكيل PGC1α إلى تثبيط الانتشار. ويُلاحَظ وجود تباين في مستويات PGC1α ضمن تجمُّعات خلايا الأورام الميلانينيّة، وهو ما ينبئ بقدراتها الموروثة على الانتشار العالية، أو المنخفضة. ويزيد PGC1α آليًّا مباشَرةً من نسخ ID2، الذي يرتبط بعامل النَّسْخ TCF4 ويُعطِّله. ويتسبب TCF4 المُعَطَّل في التقليل المنظَّم للجينات المرتبطة بالانتشار، ومنها الإنتجرينات المعروفة بتأثيرها على الغَزْو والانتشار. وتثبيط $BRAF^{V600E}$ باستخدام مثبط الإنزيم (فيمورافينيب) vemurafenib بمعزل عن آثاره المثبطة للخلايا يُثَبِّط الانتشار بالعمل على محور PGC1α- ID2-TCF4- الإنتجرين. وتكشف نتائج الباحثين أن PGC1α يحافظ على أيض الميتوكوندريا، ويثبِّط انتشار الورم، من خلال التنظيم المباشر لبرامج النسْخ متوازية النشاط. وبالتالي، تطرح عناصر هذه الدّارات فرصًا علاجيّة جديدة، قد تساعد في كبح انتشار الأورام الميلانينيّة.

C Luo *et al*

doi: 10.1038/nature19347

علم الأعصاب

تقوية الذاكرة في "الموضع الأزرق"

يتحسن حفظ الذاكرة العرَضية في البشر والحيوانات عند وقوع حدث جديد، قبل ـ أو بعد ـ عملية الترميز بقليل. وباستخدام مهمة للذاكرة اليومية في الفئران، سعى الباحثون لدراسة العصبونات التي تنقل تأثير هذا الحدث الجديد المعتمِد على الدوبامين، الذي كان يُعْتَقد سابقًا أنه يتولد حصريًّا من العصبونات المعبرة عن إنزيم تيروسين هيدروكسيلاز (TH^{+}) في المنطقة الغشائية البطنية. يرى الباحثون في هذا البحث أن الإطلاق العصبونيّ في همزة الوصل الدماغي ـ ويُعرف أيضًا باسم الموضع الأزرق ـ حساس بصورة خاصة للتجديد الذي يحدث في البيئة المحيطة؛ وأن عصبونات التيروسين هيدروكسيلاز في همزة الوصل الدماغي تُطلِق إلى الحُصَيْن بغزارة أكثر مما تفعل عصبونات التيروسين هيدروكسيلاز في المنطقة الغِشائية البطنية؛ وأن التنشيط البصري الوراثي لعصبونات التيروسين هيدروكسيلاز في همزة الوصل الدماغي يحاكي تأثير الحدث الجديد؛ وأن تحسُّن الذاكرة المرتبط بالحدث الجديد لا يتأثر بتعطيل المنطقة الغشائية البطنية. ومن المثير للدهشة أن تأثيرين من تأثيرات التنشيط الضوئي لعصبونات التيروسين هيدروكسيلاز في همزة الوصل الدماغي حساسان لحصار مستقبِل الدوبامين D_1/D_5 الحُصَيْني، ومقاومان لحصار المستقبِل الأدرينالِيني، وهما: تحسين الذاكرة، والتقوية طويلة الأمد للنقل المِشْبَكي في منطقة CA1 خارج النسيج الحي. ومن ثم، بإمكان عصبونات التيروسين هيدروكسيلاز في همزة الوصل الدماغي تحسين الذاكرة بعد عملية الترميز بطريقة تتسق مع الإطلاق المشترك المحتمَل للدوبامين في الحُصَيْن.

T Takeuchi *et al*

doi: 10.1038/nature19325

تطور

تصوير يكشف تاريخ حياة "أكانثوستيجا"

يمكن القول إنّ التحول من السمك إلى رباعيات الأرجل هو أكثر سلسلة جذرية من التغيرات التكيفية في التاريخ التطوري للفقاريات. وتتزايد البيانات بسرعة عن أغلب جوانب هذه الأحداث، غير أن تواريخ حياة رباعيات الأرجل الأولى لا تزال غير معروفة على الإطلاق، مما يترك فجوة كبيرة في فهْم العلماء لهذه الكائنات كحيوانات حية. ومن دلالات هذه المشكلة الافتراض غير المعلَن بأن أكبر حفريات رباعيات الأرجل المعروفة التي ترجع إلى العصر الديفوني تمثل أفرادًا بالغين. ويقدم الباحثون أول بيانات معروفة عن تاريخ حياة أحد رباعيات الأرجل الديفونية من رواسب الموت الجماعي للكائنات التي عُرِفت باسم "أكانثوستيجا" *Acanthostega* من ستنسويبرج StensiöBjerg في شرق جرينلاند. وباستخدام التصوير المقطعي المجهري السنكروتوني متباين الأطوار، المنتشر لتصوير أنسجة العضد (عظام الذراع العلوية)، والاستدلال على تواريخ نموها، كشف الباحثون أن حتى أكبر الأفراد حجمًا من هذه الرواسب صغار السن. فمرحلة الصبا المبكرة الطويلة بعظام أطراف غير متعظمة - التي وصل فيها الأفراد إلى حجمهم النهائي تقريبًا - تبعتها مرحلة صبا متأخرة بطيئة النمو بأطرافٍ متعظمة، دامت على الأقل ست سنوات في بعض الأفراد. وتشير البداية المتأخرة لتعظُّم الأطراف إلى أن اليافعين كانوا مائيين حصريًّا، وتشير سيطرة اليافعين على النسبة الأكبر من العينة إلى التوزيع المنفصل لليافعين عن البالغين على الأقل في أوقاتٍ معينة. ويختلف الحجم الدقيق الذي يبدأ عنده تعظُّم الأطراف بشكل كبير بين الأفراد، مما يشير إلى احتمال وجود ازدواج الشكل الجنسي، أو استراتيجيات تكيفية، أو تباين في الحجم يرتبط بالمنافسة.

S Sanchez *et al*

doi: 10.1038/nature19354



غلاف عدد 22 سبتمبر 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 22 سبتمبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

فلك

تصوُّر داخلي لكويكب "سيريس"

قَدَّمت الملاحظات عن بُعْد لكويكب (1) سيريس من التليسكوبات الأرضية والفضائية معلومات عن كثافته التقريبية وتكوينه؛ مما أفضى إلى مجموعة من النماذج للطبيعة الداخلية لسيريس، تتراوح من متجانسة إلى متمايزة تمامًا. وأحد المُعامِلات المفقودة سابقًا، الذي يمكن أن يضع قيدًا قويًّا على الطبيعة الداخلية لسيريس هو عزم قصوره الذاتي، الأمر الذي يتطلب قياس تباين جاذبيته، جنبًا إلى جنب مع معدل السَّبْق، أو افتراض التحقق من التوازن الهيدروستاتيكي. ومع ذلك، لا يمكن للملاحظات عن بُعْد من الأرض قياس تباين الجاذبية ومقدار معدل السَّبْق، لأنه صغير جدًّا، بحيث لا يمكن الكشف عنه. ويستعرض الباحثون قياسات لجاذبية وتكوين "سيريس"، تم الحصول عليها من المركبة الفضائية "دون"، تبيِّن أنه في حالة توازن هيدروستاتيكي مع متوسط عزم قصوره الذاتي المستنتَج، وهو 0.37. وتشير تلك البيانات إلى أن هيئة جسم "سيريس" متمايزة جزئيًّا، فهو قلب صخري مغلف بطبقة غنية بالتقلبات، حسبما توقعَت دراسات من قبل. وإضافة إلى ذلك، بَيَّنَّا أيضًا أن إشارة الجاذبية مكبوتة بشدة، مقارنة بالذي تم التنبؤ به من الاختلافات الطبوغرافية. ويشير هذا إلى أنه يتم تعويض "سيريس" سكونيًّا بشكل متساو، بحيث يتم دعم الارتفاعات الطبوغرافية بنزوح من المناطق الداخلية الأكثر كثافة. وعلى النقيض من الكويكب (4) فيستا، يشير ذلك التعويض القوي إلى وجود طبقة لزجة دنيا، أقلّ عمقًا، ربما تعكس تدرُّجًا حراريًّا، بدلًا من التركيبي. ولمزيد من البحث في الهيكل الداخلي، افترضنا نموذجًا لطبقتين لداخل "سيريس" مع كثافة قلب تتراوح من 2,460-2,900 كجم لكل متر مكعب (أي تتألف من كوندريت CI، وCMs)، وتنتج سُمْك غلاف خارجي يتراوح من 70-190 كيلومترًا. وكثافة هذا الغلاف الخارجي هي 1,680- 1,950 كجم لكل متر مكعب، مما يدل على خليط من المواد المتطايرة والمواد الأكثر كثافة، مثل السيليكات، والأملاح. وعلى الرغم من أن بيانات الجاذبية وتكوين "سيريس" تؤكد أن المناطق الداخلية من "سيريس" تطورت حراريًّا، إلا أن باطنها المتمايز جزئيًّا يشير إلى تطور أكثر تعقيدًا مما كان يُتَصَوَّر للأجسام الصخرية متوسطة الحجم (أقل من عرض 1000 كيلومتر)، الغنية بالجليد.

R. Park *et al*

doi: 10.1038/nature18955

فيزياء

هولوجرام بالصوتيات

التقنيات الهولوجرامية (ثلاثية الأبعاد) هي الأساس لتطبيقات معينة، مثل العروض الحجمية، وتخزين البيانات

عالية الكثافة، والملاقط الضوئية التي تتطلب تحكُّمًا مكانيًّا للمجالات البصرية أو الصوتية المعقدة ضمن حجم ثلاثي الأبعاد. وأساس التصوير الهولوجرامي هو تخزين مكاني لشكل أو هيئة سعة الموجة المطلوبة من جبهتها بطريقة تسمح بإعادة بناء جبهة الموجة، عن طريق التداخل الموجي، عندما تُضاء صور الهولوجرام مع مصدر ضوئي متسق مناسب. يتخطى التصوير الهولوجرامي الحديث المولّد بالحاسوب عملية تسجيل صور الهولوجرام من المشهد الطبيعي، وبدلًا من ذلك.. يتم حساب هيئة الطور المطلوبة قبل استدعائها لإعادة تكوينها. وفي تطبيقات بالموجات فوق الصوتية، يتم عادةً توليد هيئة الشكل بواسطة مصادر موجات فوق صوتية، تعمل بشكل متقطع ومستقل؛ ورغم هذا، لا يمكن استخدام ذلك، إلا في أعداد صغيرة، للحدّ من التعقيد أو درجات الحرية التي يمكن الحصول عليها في جبهة الموجة. يقدِّم الباحثون هنا صور هولوجرام صوتية موّحدة، يمكنها إعادة بناء حقول ضغط صوتي محدودة الحيود، وبالتالي أي أشعة موجات فوق الصوتية يمكن استخدامها في إعادة البناء، حيث يستخدمون إنتاجًا سريعًا لصياغة صور الهولوجرام، وتحقيق درجات حرية في إعادة البناء، أعلى بمرتبتين أُسِّيَّتين من مصادر تجميع الأطوار التجارية. إنّ هذه التقنية غير مكلفة، وملائمة لعناصر النقل والانعكاس على حد سواء، وملائمة جيدًا لمحتوى المعلومات الضخم، بحجم فتحة أكبر وقدرة أعلى. ويتيح توزيع الضغط والشكل ثلاثي الأبعاد المعقد الذي تنتجه أجهزة التصوير الهولوجرامية الصوتية إظهار أساليب جديدة لاستغلال مُتحكَّم فيه بالموجات فوق الصوتية للجوامد في الماء، والسوائل والجوامد في الهواء. ويتوقع الباحثون أن يتيح الهولوجرام الصوتي قدرات جديدة في توجيه الشعاع، ونقل غير تلامسي للقوة، وتحسين التصوير الطبي، وتحفيز تطبيقات جديدة من الموجات فوق الصوتية.

K Melde *et al*

doi: 10.1038/nature19755

تطور

تَقَصّي سبب موت لوسي

اكتُشِفت حفريّة "لوسي"، (*Australopithecus afarensis*) ـ الراجعة إلى عصر البلايوسين ـ في منطقة عَفَر بإثيوبيا في عام 1974، وهي من بين أقدم الهياكل العظمية الحفرية المُكْتَشَفة لأشباه البشر، وأكثرها اكتمالًا. وعلى أساس دراسة مقرَّبة للهيكل العظمي للوسي، أشار الباحثون إلى أن وفاتها حدثت نتيجة سقوطها من ارتفاع كبير؛ نتجت عنه كسور انضغاطية ومفصلية (كسور الغصن النضير) في أجزاء متعددة من الهيكل العظمي. وقد كان السقوط عنيفًا بما يكفي لإحداث كسور مرافِقة، عادةً ما تتلف الأعضاء الداخلية أيضًا. ولطالما كانت لوسي محور جدل محتدم بشأن دور التنقّل فوق الأشجار في تطور الإنسان الأول، إنْ وُجِدَ دورٌ كهذا. وبالتالي، فإنه من المثير للسخرية أن يُعزى موت لوسي إلى إصابات بسبب السقوط من فوق شجرة عالية، مما قد يقدم دليلًا فذًّا على وجود عادة التنقل فوق الأشجار في ذلك النوع.

J Kappelman *et al*

doi: 10.1038/nature19332

الشكل أسفله | كسور ما قبل الوفاة في الهيكل تحت القحفيّ A. L. 288-1 والمتسقة مع نظرية حدوث سقوط رأسي. **أ:** الهيكل العظمي لحفرية لوسي، **ب**، **ج:** العضد الأيمن (**ب:** الأعلى: مجسم، علوي، وسط للأعلى؛ الأسفل: جانبي – **ج:** مجسم، خلفي) يحمل كسرًا دانيًا رباعي الأجزاء مُهَشَّمًا للرأس الأروح. **د:** كسرٌ مفصلي وحلزوني رفع وأزاح وكسر شظية من منتصف جسم العضد الأيمن (مجسم، جانبي، انظر **ب**). **هـ:** رأس العضد الأيمن (مجسّم، أوسط) مكسور ومنضغط سفليًّا ووسطيًّا ومتراكبًا على العنق. **و:** كسر في الكعبرة اليمنى القاصية (منظر خلفي مجسم). **ز:** كسور في العَجُز (مجسم، أمامي) والعظم غير المسمى الأيسر بجانب العجز مباشرة. كذلك يظهر الرأد العاني العلوي مكسورًا مثل ثقب الإبرة (السهم). **ح:** عدم التماثل الجانبي الأيسر للعجز المكسور (مجسم، خلفي)، والسطح خلف الأذني المكسر المرتفع المثني للعظم غير المسمى الأيسر. **ط:** الكسور في عنق الفخذ الأيسر (مجسم، جانبي في الأعلى). **ي:** الكردوس العلوي الخلفي المكسور لعظمة الفخذ القاصية اليسرى (مجسم، أمامي) كما اكْتُشِف، بحد جانبي مقصوص علويًّا على طول الحافة الجانبية لجسم العظمة. الجزء المركزي من الجسم الأمامي القاصي مكسور ومحشور ثانويًّا في الترابيق. **ك:** كسر في الهضبة القصبية اليمنى (مجسم، علوي، وسطي إلى اليمين) مع كسرٍ كبيرٍ عبر اللقمة الوسطيّة يثبّط –مع الكسور الأخرى (**ل**، مجسم، أمامي وسطي إلى اليمين) – الهضبة، ويضيف شظفة روحاء إلى جسم العظمة. **م:** الجزء الداني من القصبة اليمنى القاصية (مجسم، خلفي وسطي، علوي عند الأعلى) يحمل شظايا عظام صغيرة مخلوعة ومحشورة في القناة النخاعية في الكسر الحلزوني في جسم العظمة. **ن:** كسور في السطح المفصلي الكاحلي للقصبة اليمنى القاصية (مجسم، أمامي، وسطي إلى اليمين) مفتوحة على السطح الأمامي القاصي لجسم العظمة. **س:** كسر في عنق الكاحل الأيمن (مجسم، علوي، وسطي إلى اليمين). يتسق **ن**، **س** مع نظريّة وجود كسر بايلون. الخطوط الحمراء ترمز إلى الكسور، والخطوط الخضراء في **ز**، **ح** ترمز إلى المفصل العجزي الحرقفي والخطوط العرضية للعَجُز. العيّنات في **ز**، **ح** هي قوالب، لأنه لم يكن من العمليّ شرح الحفريّات، كما أن (**ي**) قالب، لأن العينة الأصليّة أُعيد بناؤها. شرائط القياس (**أ:** 50 مم، **ب-و**، **ط-س:** 10 مم، **ز-ح:** 20 مم) تقريبية، بالنظر إلى اختلاف المنظر في الصورة المجسَّمة.



كيمياء

مادة متعددة المعاملات الحديدية

تَعِد المواد التي تُظهِر ترتيبًا متزامنًا في حالاتها الكهربائيّة والمغناطيسية الأرضية باستخدامها في الجيل القادم من أجهزة الذاكرة، حيث تتحكم المجالات الكهربائية في المغناطيسية. وهذه المواد نادرة جدًّا، ومع ذلك، تتمتع بمقومات التنافس على مواد تتأثر بالاستقطاب الكهربي والمغناطيسية. وعلى الرغم من التعرف مؤخرًا على عدة مواد متعددة المعاملات الحديدية، وآليات اقتران كهرومغناطيسية جديدة، إلا أنه لا تزال المواد متعددة المعاملات الحديدية أحادية الطَّوْر المعروفة محدودة باصطفاف مضادات فيرومغناطيسية، أو فيرومغناطيسية ضعيفة، بسبب عدم وجود اقتران بين معاملات النظام، أو من خلال وجود خصائص تظهر بشكل جيد فقط تحت درجة حرارة الغرفة، مما يَحُول دون حدوث تطبيقات عملية. ويستعرض الباحثون طريقة لبناء مواد متعددة المعاملات الحديدية أحادية المرحلة، تقترن فيها الفيروكهرباء مع ترتيب مغناطيسي قوي قرب درجة حرارة الغرفة. بدأ الباحثون باستخدام $LuFeO_3$ سداسي ـ ذي فيروكهربية هندسية عند أعلى مستوى معروف من التجعيد ـ لبناء طبقات أحادية فردية من أكسيد الحديدوز أثناء النمو؛ من أجل بناء طبقات تركيبية بسُمْك وحدة واحدة من المادة الفيرومغناطيسية $LuFe_2O_4$، ضمن مصفوفة $LuFeO_3$، وهي شبيكة فائقة $m(LuFeO_3)/(LuFe_2O_4)_1$.

والتجعيد الشديد الذي يفرضه $LuFeO_3$ المجاور يدفع الفيرومغناطيسية $LuFe_2O_4$ في الوقت نفسه إلى حالة فيروكهربائية، ويخفض أيضًا كبت مغزلية الـ$LuFe_2O_4$. وهذه الطريقة تزيد من درجة حرارة التحول المغناطيسي إلى حد كبير، من 240 كلفنًا لـ$LuFe_2O_4$ إلى 281 كلفنًا لـ$(LuFe_2O_4)_1/(LuFeO_3)_9$. وإضافة إلى ذلك.. فإن النظم الفيروكهربية تتزاوج مع الفيرومغناطيسية، مما يمكِّن من تحكُّم المجال الكهربائي بشكل مباشر في المغناطيسية عند 200 كلفن. وتُظهِر نتائج الباحثين طريقة تصميم لابتكار المواد متعددة المعاملات الحديدية الكهرومغناطيسية عند درجات الحرارة الأعلى، من خلال استغلال تضافر ترتيبات تثبيط هندسي، وتشوهات شبكية، وهندسة ترسيبية.

J Mundy *et al*

doi: 10.1038/nature19343

علم النبات

التوسُّط لتنظيم التمثيل الضوئيّ

يشكل الضوء في النباتات والطحالب مصدرًا لطاقة البناء الضوئي، ومؤشرًا حيويًّا يستثير الاستجابات الخلوية، من خلال مستقبِلات ضوئية حسية معينة. تدرك الأصباغ النباتية المحتوية على البيلين الضوءَ الأحمر، وتدرك الأصباغ المخفية المحتوية على الفلافين و/أو الفوتوتروبين (PHOTs) الضوءَ الأزرق، وتحتوي الأخيرتان على نطاقي ضوء-أكسجين-جهد كهربي (LOV) حسّاسَين للضوء. ويمتد إدراك الضوء عبر عدة درجات من شدة الضوء، تتراوح بين ما هو أقل بكثير من الحد الأدنى للبناء الضوئي، حتى قِيَم أعلى من قدرة استيعاب ثاني أكسيد الكربون في البناء الضوئي. وقد يتسبب فرط الضوء في التلف التأكسدي وموت الخلايا، وهي عمليات يمنعها التبدد الحراري المُحَسَّن، من خلال الإخماد عالي الطاقة (qE)، وهي استجابة أساسية وقائية من الضوء. ويكشف الباحثون عن وجود رابط جزيئي بين استقبال الضوء، والبناء الضوئي والوقاية الضوئية في الطحلب الأخضر *Chlamydomonas reinhardtii*، ويكشفون أن الفوتوتروبينات تتحكم في qE بتحفيز التعبير عن البروتين المستجيب في qE المسمى LHCSR3 (البروتين المعقّد حاصد الضوء المرتبط بالإجهاد) تحت تأثير الدرجات العالية من شدة الضوء. يتطلب هذا التحكم إدراك الضوء الأزرق بواسطة نطاقات LOV على PHOT، وتحفيز LHCSR3 من خلال كينيز PHOT، وتبديد الضوء في النظام الضوئي الثاني من خلال LHCSR3. تُظهِر الطافرات المفتقِدة إلى جين PHOT لياقة منخفضة جدًّا تحت ظروف الضوء الشديدة، ما يشير إلى أن الإحساس بالضوء واستخدامه وتبديده هو عملية مُنَسَّقة، تلعب دورًا حيويًّا في أقلمة الطحالب الدقيقة على البيئات المتباينة في شدة الضوء.

D Petroutsos *et al*

doi: 10.1038/nature19358

جيولوجيا

نشأة الحياة على الأرض

إن النشاط البيولوجي عامل أساسي في الدورات الكيميائية للأرض، ومن ضمنها تيسير حبس ثاني أكسيد الكربون، وتوفير ردود فعل مناخية. وبالتالي، فإن السؤال المهم بشأن تطوُّر الأرض هو: متى نشأت الحياة، وبدأت تؤثر على الدورات الكيميائية للأغلفة المائية، والجوية، والصخرية للأرض؟ حتى الآن، ركزت أدلّة أقدم صورة للحياة على الأرض على البصمات النظائريّة المُخْتَلَف عليها للصخور والمعادن الرسوبية المتحولة، البالغ عمرها 3800-3700 مليون سنة في شريط "إيسوا" فوق القشري، الواقع جنوب غرب جرينلاند. يسجِّل الباحثون العثور على أدلة على حياة عتيقة في صخور مكتشَفة حديثًا، تتكون من أحجار ميتاكربونية، عمرها 3700 مليون سنة، في شريط "إيسوا" يحتوي على ستروماتوليت بارتفاع 1-4 سم ، وهي بِنَى ذات طبقات ميكروسكوبية تُنْتِجها التجمعات الميكروبية. نَمَت ستروماتوليت شريط "إيسوا" في بيئة بحريّة ضحلة، كما تشير بصمات العنصر الأرضي النادر "الإتريوم" في الميتاكربونيات، وكما تشير الصخور الرسوبية بين الطبقية ذات التطبُّق المتقاطع، والبريشات المتولدة من موجات العواصف. تسبق ستروماتوليت شريط "إيسوا" بـ220 مليون سنة الأدلة السابقة الأكثر إقناعًا وقبولًا عامًّا بين التخصصات العلمية عن بقايا أقدم صور الحياة التي عُثِرَ عليها في تكوين "دريسر"، البالغ عمره 3480 مليون سنة في بيلبرا كراتون بأستراليا. يكشف وجود ستروماتوليت شريط "إيسوا" عن بداية تكوّن كربونيت مياه البحر الضحلة مع حبس ثاني أكسيد الكربون الحيوي قبل 3700 مليون سنة، قرب بداية السجل الرسوبي للأرض. هذا.. وتتوافق نظرية تطوُّر الحياة قبل 3700 مليون سنة مع دراسات الساعة الجزيئية الجينية، التي تُرْجِع وقت نشأة الحياة إلى دهر الهاديان (قبل أكثر من 4000 مليون سنة).

A Nutman *et al*

doi: 10.1038/nature19355



غلاف عدد 29 سبتمبر 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 19 سبتمبر من دَوْريّة "*Nature*" الدولية.

زراعة

سدّ فجوات المحصول في الصين

يمثل إطعام الأعداد المتزايدة من سكّان العالم بشكل مستديم تحديًّا كبيرًا، ويُعَدّ سدّ فجوات المحصول (أي الفروق بين محاصيل المزارعين، وما يمكن الحصول عليه من منطقة معينة) استراتيجية حيوية في التعامل مع هذا التحدي. ويُعتبر حجم فجوات المحصول كبيرًا بشكل خاص في الدول النامية التي يهيمن فيها صغار المزارعين على المشهد الزراعي. وتتفاعل عوامل وقيود عديدة لتحدد حجم المحاصيل، ويندر حدوث أيّ تقدُّم في حل المشكلات لإحداث تغيير فعلي على الأرض. يقدم الباحثون مقاربةً مبتكرة؛ لتمكين صغار المزارعين من تحقيق محصول وأرباح اقتصادية بشكل مستديم، من خلال منصَّة "ساينس آند تكنولوجي باكيارد" Science and Technology Backyard (STB). تتضمن المنصَّة علماء زراعيين يعيشون في القرى بين المزارعين؛ ليقدّموا لهم ابتكارات مشترَكة، ونقلًا للتقنيات؛ وليستقطبوا الدعم العام والخاص. حَدَّد الباحثون عوامل متعددة الوجوه، مُحَدِّدَة لحجم المحاصيل، من ضمنها الظروف الزراعية، والاقتصادية الاجتماعية، وظروف البنية الأساسية. وعندما عُولجت هذه القيود ومعها مخاوف المزارعين، استخدم المزارعون ممارسات الإدارة الموصَى بها، ما كان من شأنه تحسين نواتج الإنتاج. وفي إحدى مناطق الصين زاد المتوسّط الخمسي للمحصول من 67.9% من مستوى ما يمكن الحصول عليه إلى 97% بين 71 مزارعًا رائدًا، ومن 62.8% إلى 79.6% على مستوى المقاطعة (93,074 أسرة)؛ وقد رافقت هذا الأمر منافع اقتصادية، ومنافع في الموارد.

W Zhang *et al*

doi: 10.1038/nature19368

أحياء مجهرية

عائلة بروتينات SEDS واسعة الانتشار

تتوسط في إطالة البكتيريا عصوية الشكل آليَّةٌ ديناميكية مُخَلّقة للببتيدوجليكان، تُسمى مُعَقَّد العصا. يسجِّل الباحثون أن هذا المُعَقَّد في بكتيريا *Bacillus subtilis* يؤدي عمله في غياب كل أنواع إنزيمات بوليميريز الببتيدوجليكان المعروفة، حيث تبقى الخلايا المفتقرة إلى هذه الإنزيمات حية باستثارة استجابة إجهاد غلافية، ترفع نسبة التعبير عن بروتين RodA، وهو مكوِّن جوهري واسع الاستبقاء في مُعَقَّد العصا. ويُعتبر بروتين RodA عضوًا من عائلة بروتينات SEDS ذات الأدوار الأساسيّة غير المحددة في النشوء الحيوي لجدار الخلية أثناء النمو، والانقسام، وإنتاج الأبواغ. ويشير التحليل الجيني والكيميائي الحيوي للباحثين إلى أن بروتينات SEDS تُشَكِّل عائلة من إنزيمات بوليميريز الببتيدوجليكان، وبالتالي تستخدم بكتيريا *B. subtilis* ـ وربما أغلب أنواع البكتيريا ـ فئتين مختلفتين من البوليميريز؛ لتخليق هيكلها الخارجي. وتشير النتائج التي توصَّل إليها الباحثون إلى أن بروتينات عائلة SEDS هي مُخَلِّقات جوهرية لجدار الخليّة في آليّة إطالة وانقسام الخلية، وتُمَثِّل أهدافًا جذابة للعلماء في عملية تطوير المضادات الحيوية.

A Meeske *et al*

doi: 10.1038/nature19331

علم الأعصاب

توقُّعات خلايا عصبية مسؤولة عن العطش

يحفِّز العطشُ الحيوانات على الشرب؛ لحفظ توازن السوائل لديها. وكان يُنْظَر فيما مضى إلى العطش على أنه استجابة توازنية للتغيرات في

حجم الدم، أو توتره، إلا أن أغلب السلوكيات الناتجة عن العطش تُنَظَّم أسرع من أن ينظِّمها تركيب الدم بشكل مباشر، وإنما تبدو كأنها تتوقَّع فقدان التوازن الداخلي للجسم قبل حدوثه. وما تزال كيفية حدوث هذا غير معروفة. يكشِف الباحثون عن دورٍ غير متوقع للعضو تحت القبوي (SFO) في التنظيم التوقعي للعطش في الفئران. كما يكشفون ـ عن طريق مراقبة ديناميكيات الكالسيوم في المخّ العميق ـ أن الخلايا العصبية SFO المحفِّزة للعطش تستجيب للمُدْخَلات الآتية من التجويف الفموي أثناء الأكل والشرب، ثم تُضَمِّن هذه المدخلات مع معلوماتها عن تركيب الدمّ. يسمح هذا التضمين للخلايا العصبية SFO بتوقُّع الكيفيّة التي سيغيّر بها استهلاك الطعام والماء توازن السوائل في المستقبل، مما يتيح لها ضبط السلوك بشكل استباقي. وتكشف المعالجات البصرية الوراثية التكميلية أن هذا التكيف التوقعي ضروري للشرب في سياقات عديدة. وتقدِّم هذه النتائج آلية عصبية تفسر الملاحظات السلوكية طويلة الأمد، ومنها شيوع الشرب أثناء الوجبات، والشبع السريع من العطش، وحقيقة أن ترطيب الفمّ يُخْمِد العَطَش.

C Zimmerman *et al*

doi: 10.1038/nature18950

علم البيئة

التنوع الفيروسي في المحيطات

تحفِّز ميكروبات المحيطات التدوير البيوجيوكيميائي على المستوى العالمي، إلا أن هذا التدوير تُقَيِّده الفيروسات التي تؤثر على تركيب تجمُّعات الكائنات، ونشاطها الأيضي، ومساراتها التطورية. وبسبب الصعوبات في جمْع عيِّنات الفيروسات وزراعتها، يظل هناك عجز في الوصف الدقيق والدراسة الموسعة للتنوع الفيروسي على مستوى الجينوم، حيث لا يُعْرَف مِن الفيروسات الملاحَظة على أسطح المحيطات سوى أقل من 1%. فقد جَمَع الباحثون جينومات كاملة، وشظايا جينومية كبيرة من كلٍّ من فيروسات أعماق المحيطات، وأسطح المحيطات، وذلك أثناء حملات تارا أوشنز *Tara* Oceans، ومالاسبينا Malaspina البحثية، وحللوا مجموعة بيانات "خريطة الفيروسات المحيطية" الناتجة؛ لوضع خريطة عالمية للفيروسات مزدوجة شرائط الحمض النووي الوفيرة، وسياقاتها الجينومية والبيئية. حَدَّد الباحثون ما مجموعه 15,222 تجمُّعًا فيروسيًّا من سطح المحيطات والمناطق وسيطة العمق، تتضمّن 867 عنقودًا فيروسيًّا (مُعَرَّفة بكونها مجموعات على مستوى الجنس تقريبًا)، ما يرفع تقريبًا عدد تجمُّعات الفيروسات المحيطيّة المعروفة ثلاثة أضعاف، ويضاعف عدد أنواع الفيروسات البكتيرية والجرثوميّة العتيقة، ويقدِّم عيّنات شبه كاملة لمجتمعات سطح المحيطات على مستويات التجمُّعات الفيروسية، والعناقيد الفيروسية. وجد الباحثون أن 38 من العناقيد الفيروسية الـ867 كانت وفيرة، سواءً محليًّا، أم عالميًّا، وهو ما يفسِّر حوالي نصف التجمعات الفيروسية في أيّ عيّنة من خريطة الفيروسات المحيطية عالميًّا، بينما ثلثا هذه العناقيد يحمل فيروسات موصوفة حديثًا، لا توجد منها عيّنات مزروعة، إلا أن أغلبها يمكن ربطه حسابيًّا بعوائل ميكروبيّة سائدة ومناسبة بيئيًّا. وإضافة إلى ذلك.. فقد تعرَّف الباحثون على 243 جينًا أيضيًّا مساعِدًا لم يكن معروفًا منها من قبل سوى 95 جينًا فقط. وكشفت تحليلات أعمق لأربعة من هذه الجينات الأيضيّة المُساعدة (*dsrC*، و*soxYZ*، و*P-II*ـ المعروف أيضًا بـ*glnB*ـ و*amoC*) أن الفيروسات الوفيرة ربما تتلاعب مباشرةً في تدوير الكبريت والنيتروجين في مناطق أسطح المحيطات. وتقدِّم هذه القائمة الفيروسية والتحليلات الوظيفية أساسًا مهمًّا لتضمينٍ ذي معنى للفيروسات في النماذج البيئيّة، لتتخذ فيها دور اللاعب الأساسي في تدوير المواد المُغَذِّية، وفي الشبكات الغذائية.

S Roux *et al*

doi: 10.1038/nature19366

فيزياء

طريقة للتصوير والتحليل الطيفي

يوفر التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) استبانة مكانية وحساسية طيفية، بالإضافة إلى مجموعة متنوعة غنية من آليات التباين المناسبة للتطبيقات الطبية التشخيصية. ويقدم التصوير النووي باستخدام كاميرات أشعة جاما فوائد استخدام كميات صغيرة من الراسِمات المشعة، التي تُستخدم لاستهداف أماكن محددة داخل الجسم . ويستعرض الباحثون طريقة تصوير وتحليل طيفي تجمع بين الجوانب الإيجابية من كلا النهجين. ويتم ترميز المعلومات المكانية في اتجاهات اللف المغزلي لكميات ضئيلة من راسم مُشِعّ مُستقطب باستخدام نبضات كل من الترددات الراديوية للإشعاع الكهرومغناطيسي، وتدرُّج المجال المغناطيسي، كما هو الحال في التصوير بالرنين المغناطيسي. ومع ذلك، بدلًا من الكشف عن إشارات الترددات الراديوية الضعيفة، يتم الحصول على معلومات التصوير من خلال الكشف بأشعة جاما، حيث يمكن استخدام كاشف واحد لأشعة جاما؛ للحصول على الصورة، دون الحاجة إلى كاميرا أشعة جاما. ويشرح الباحثون جدوى التقنية التي ابتكروها، من خلال إنتاج صور وأطياف من خلية زجاجية تحتوي على حوالي 4×10^{13} ذَرَّة (حوالي مِلِّي كوري واحد) من أيزومر نظير الزينون متبدل الاستقرار ^{131m}Xe ، الذي تم استقطابه باستخدام تقنية ليزرية، تُسمى ضخًّا ضوئيًّا بتبادل المغزلية. وإذا مُلئت تلك الخلية ـ بدلًا من ذلك ـ بالماء، وتم تصويرها باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي التقليدي؛ فإنها ستحتوي على أكثر من 10^{24} جزيء ماء. قد تزيد طريقتنا من اتساع نطاق تطبيقات الرنين المغناطيسي، نظرًا إلى حساسيتها العالية، ويمكن أن تؤدي أيضًا إلى فئة جديدة من الراسِمَات المشعة.

Y Zheng *et al*

doi: 10.1038/nature19775

الشكل أسفله | مثال على التصوير النووي المستقطب. أ، صورة 1 ميللي-كوري من ^{131m}Xe، تم الحصول عليها عن طريق الجمع بين تقنيات الرنين المغناطيسي مع الكشف بأشعة جاما. الصورة بمثابة إسقاط ثنائي الأبعاد يحوي 32 × 32 "بكسل"، كل منهما 3 مم × 3 مم، مُثَّلَتا بـ 64 × 64 "بكسل" للعرض. **ب**، تظهر صورة للخلية الزجاجية المغلقة، على شكل الحرف الصيني (وسط)، الذي احتوى على عينة الـ^{131m}Xe.





فلك

صحوة مستعر نموذجي من الخمود

النجوم هائلة التقلب ـ مثل المستعرات، والمستعرات القزمية، وأشباه المستعرات ـ هي أنظمة ثنائية وثيقة، تتألف من نجم قزمي أبيض (أساسي)، يسحب المادة من نجم رفيق منخفض الكتلة (ثانوي). ومن وقت إلى آخر، تَمُرّ مثل هذه الأنظمة بتوهجات عظيمة السعة. أمّا الثورات الأكثر إثارة، التي يتضاعف فيها السطوع بمقدار عشرات الآلاف، فتحدث في المستعرات النموذجية، وسببها هو التَّفَلُّت النووي-الحراري على سطح الأقزام البيضاء. ويُعتقد أن هذه الثورات تتكرر على فترات زمنية تتراوح بين عشرات الآلاف إلى ملايين السنين. وفيما بين ذلك، تعتمد خصائص النظام ـ في المقام الأول ـ على معدل سحب الكتلة.. فإذا كانت أقل من جزء من البليون من كتلة الشمس سنويًّا، فإن التراكم المجتزئ يصبح غير مستقر، ويتم تفريغ هذه المادة على القزم الأبيض خلال شبه دورة فورانات المستعرات القزمية. وتتوقع فرضية الخمود أن نَوَرَان المستعرات يؤثر بقوة على معدل سحب الكتلة في الثنائي النجمي، محافظًا عليها في أعلى مستوى لعدة قرون بعد انتهاء الثوران. وفي وقت لاحق، ينبغي أن ينخفض معدل سحب الكتلة بشكل كبير في فترة تتراوح من آلاف إلى مليون سنة، لتبدأ مرحلة الخمود. وبعد أن ينشط المستعر مرة أخرى - مع تراكم المادة المجتزئة ـ يعود المستعر إلى مستوى ما قبل الثوران، الذي ينتهي به الحال إلى انفجار جديد. يتوقع نموذج الخمود تطورًا دوريًّا للنجوم هائلة التقلب خلال مراحل ارتفاع وانخفاض سحب الكتلة. وقد اكتسبت النظرية بعض الدعم من اكتشاف بقايا مادة مستعرات قديمة حول المستعرين

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

القزمين "زد كاميلوبردالا" Z Camelopardalis، و"إيه تي كانكري" AT Cancri، ولكن الأدلة المباشرة لتغيُّر سحب الكتلة بشكل كبير ـ أثناء ثوران المستعرات، وقبلها وبعدها ـ لم يتم العثور عليها حتى الآن. ويُورِد الباحثون ملاحظات رُصِدت على مدى طويل للمستعر النموذجي V1213 سن (نوفا قنطورس 2009)، تغطي مراحل ما قبل ثورانه، وما بعدها، وتوثِّق بالضبط تطوره. وفي غضون ست سنوات قبل وقوع الانفجار، كشف ذلك النظام أن انبعاثات المستعرين القزمين تشير إلى معدل نقل كتلة منخفض، حيث يعتبر المستعر بعدها أكثر سطوعًا برُتْبَتَيْن أُسِّيَّتين من المستعر قبلها عند أدنى ضوء، مع عدم وجود أثر لسلوك مستعر قزمي، مما يعني زيادة كبيرة في معدل نقل الكتلة، نتيجة لانفجار المستعر.

P Mróz *et al*

doi: 10.1038/nature19066

غلاف عدد 6 أكتوبر 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 6 أكتوبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الحيوان

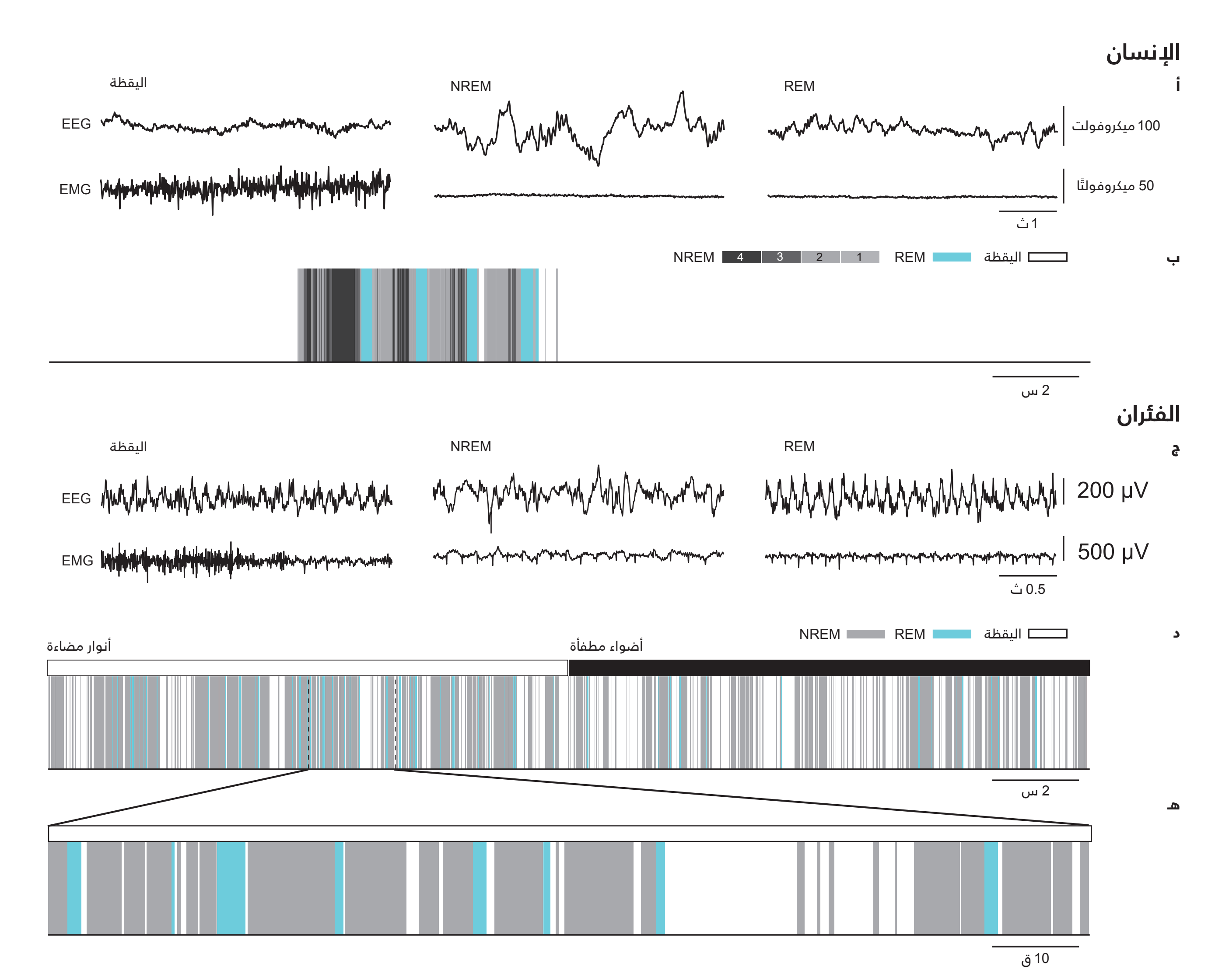
دوائر عصبية تتحكَّم في النوم

إن النوم عملية بيولوجية أساسية مُلاحَظةٌ بشكل واسع في مملكة الحيوان، إلا أن الدوائر العصبيّة المتسبِّبة في النوم ما تزال غير مفهومة للعلماء تمامًا بعد. يتطلّب فهْم الآليات الدماغيّة للتحكّم في النوم تحديد الخلايا العصبية الرئيسة في دوائر التحكّم، ورسم خرائط اتصالاتها المشبكية. وقد يَسَّرت الابتكارات التقنية خلال العقد الماضي دراسة دوائر النوم، وفتح هذا الباب لفهم مدى تأثير مجموعة من العوامل البيئية والفسيولوجية على النوم. كذلك فإن القدرة على ابتداء النوم وإنهائه بالأمر المباشر ستساعد الباحثين على توضيح وظائفه داخل المخ، وفيما وراءه.

F Weber *et al*

doi: 10.1038/nature19773

الشكل أسفله | النوم في البشر والفئران. أ: أمثلة لتسجيلات رسم المخ الكهربي (EEG) ورسم كهربائية العضل (EMG) أثناء اليقظة، وأثناء نوم حركة العين غير السريعة NREM (المرحلة 3) وأثناء نوم حركة العين السريعة REM. **ب:** حالات المُخّ مشفَّرة بالألوان (رسم تخطيط النوم) أثناء تسجيل مستمر لمدة 22 ساعة من إنسان بصحة جيدة. تنتمي تسجيلات EEG (**أ**) ورسم تخطيط النوم (**ب**) إلى قاعدة بيانات صيغة البيانات الأوروبية للنوم Sleep EDF. ففي الإنسان، يتعزز النوم عن طريق نوبات استيقاظ نادرة أثناء الليل. يحدث نوم REM بشكلٍ منتظم كل 90 دقيقة تقريبًا. **ج:** نماذج تسجيلات EEG وEMG مسجلة من فأر أثناء اليقظة، وأثناء نوم REM، وNREM. **د:** رسم تخطيط النوم أثناء تسجيل مستمر لمدة 24 ساعة من فأر، خلال دورة من النور والظلام. تنام الفئران أكثر خلال دورة النور. مقارنةً بالبشر، تُظْهِر الفئران أنماط نوم متقطّعة، تتصف بنوبات نومٍ قصيرة، ونوبات استيقاظ متكررة. **هـ:** مقطع من ساعتين من رسم تخطيط النوم **d**، معروض بمقياس مُكَبَّر. في الفئران، يحدث نوم REM كل 10 إلى 20 دقيقة.



أحياء مجهرية

دور مُرَكَّب Ton في تحويل الطاقة

في البكتيريا سالبة الجرام، تستورد ناقلات الغشاء الخارجي المواد المُغَذية عن طريق الارتباط بمُرَكَّب بروتيني في الغشاء الداخليّ، يُسَمَّى مُرَكَّب تون Ton. يتكوّن مُرَكَّب Ton مما يلي: TonB، وExbB، وExbD، ويستخدم القوة الدافعة للبروتون في الغشاء الداخلي لتحويل الطاقة إلى الغشاء الخارجي من خلال TonB. وهنا، يصف الباحثون مُرَكَّب Ton من بكتيريا *Escherichia coli* باستخدام تصوير البلورات بالأشعة السينية، والمجهر الإلكتروني، والتحليل الطيفي بالرنين الإلكتروني المزدوج (DEER)، والتشبيك. كشفت النتائج التي توصل إليها الباحثون عن اتحاد عنصري يتكون من مُرَكَّب خماسي من ExbB، وثنائي من ExbD، وواحد على الأقل TonB. وكشفت الدراسات الفسيولوجية الكهربية عن أن مُرَكَّب Ton الفرعي يكوِّن قنوات انتقائية للأيونات الموجبة، حساسة للأس الهيدروجيني، وتقدِّم هذه الدراسات لمحة عن الآلية التي يسخِّر بها هذا المُرَكَّب القوة الدافعة للبروتون لإنتاج الطاقة.

H Celia *et al*

doi: 10.1038/nature19757

علم البيئة

تقدير الانبعاثات العالمية للميثان

يأتي الميثان في المركز الثاني ـ بعد ثاني أكسيد الكربون ـ كأكبر مؤثر حاجزٍ للأشعّة من غازات الاحتباس الحراري المنبعثة من أنشطةٍ بشرية، إلا أن فهمنا لتوازن الميثان الجوي العالمي ما يزال قاصرًا بعد. ويُعْتَقَد أن صناعة الوقود الأحفوري العالمي (أي إنتاج واستخدام الغاز الطبيعي والبترول والفحم) تسهم بنسبة 15 إلى 22 في المائة من انبعاثات الميثان في التوازن الكلي للميثان الجوي، إلا أنه تظل هناك أسئلة معلّقة بشأن توجّهات انبعاثات الميثان الناتج عن النشاط الصناعي للوقود الأحفوري، وإسهامه في الانبعاثات الكلية للميثان من مصادر صناعة الوقود الأحفوري، ومن الارتشاح الجيولوجي الطبيعي، اللذين يتشاركان الأماكن نفسها عادة. ويعيد الباحثون تقدير التوازن العالمي للميثان، وإسهام صناعة الوقود الأحفوريّ في انبعاثات الميثان، على أساس سجلّات نظائرية طويلة الأمد للميثان وكربون الميثان على مستوى العالم، وقد جمَّعوا أكبر قاعدة بياناتٍ لبصمات مصادر الميثان النظائرية حتى الآن، ومنها الوقود الأحفوري، ومصادر انبعاثات الميثان الميكروبية والحارقة للكتلة الحيوية. وجد الباحثون أن الانبعاثات الكلية لميثان الوقود الأحفوري (صناعة الوقود الأحفوري والارتشاح الجيولوجي الطبيعي) لا تتزايد بمرور الوقت، إلا أنها أكبر بنسبة 60 إلى 110 في المائة من التقديرات الحالية، بسبب التعديلات الكبيرة في بصمات المصادر النظائريّة. يكشف الباحثون أن هذه النتيجة تتسق مع درجة انحدار الميثان العرضية العالمية الملاحَظة. وبعد حساب الارتشاح الجيولوجي الطبيعي؛ وجد الباحثون أن انبعاثات الميثان النابعة من إنتاج الغاز الطبيعي، والبترول، والفحم، واستخدامها أكبر بنسبة 20 إلى 60 في المائة من الموجود في المستودعات. وتوحي النتائج التي توصَّل إليها الباحثون بالقدرة الكامنة الأكبر لصناعة الوقود الأحفوري على تخفيف حجْر الأشعة الناتج عن أنشطة بشرية، إلا أن الباحثين وجدوا أيضًا أن انبعاثات الميثان من الغاز الطبيعيّ ـ كجزء من الإنتاج ـ قد تراجعت من حوالي 8 في المائة إلى حوالي 2 في المائة على مدى العقود الثلاثة الماضية.

S Schwietzke *et al*

doi: 10.1038/nature19797

تطور

دوافع مناخية للهجرة المبكرة للإنسان

افترض العلماء ـ على أساس البيانات الأثرية والحفرية ـ أن خروج جنس الإنسان العاقل *Homo sapiens* من أفريقيا إلى أوراسيا قبل حوالي 120-50 ألف سنة مضت، قد تم على حلقات عديدة مدارية النمط من الهجرة. وفي أثناء عبور الإنسان العاقل للدهاليز المطيرة المزروعة في شمال شرق أفريقيا إلى شبه الجزيرة العربية والشام، ومن ثَمّ امتدادها إلى أوراسيا وأستراليا والأمريكتين، عاشوا ظروفًا مناخيّة متقلبة، وعلى مستوى سطح البحر متباينة في الوقت على مجموعة مختلفة من المقاييس الزمنية. وحتى يومنا هذا، مازال من الصعب تحديد قدر أثر التقلّب المناخي الألفي والجليدي على الانتشار والتطور المبكِّرين للإنسان. ويقدِّم هنا الباحثون نتائج من نموذج رقمي لانتشار الإنسان موضوع باستخدام التقديرات الزمانيّة المكانية لتغيّرات مستوى سطح البحر، والتغيّرات المناخيّة على مدى الـ125 ألف سنة الماضية. يحاكي النموذج الانتشار الإجمالي لجنس الإنسان العاقل متسقًا بشكل كبير مع البيانات الأثرية والحفرية، ويصوِّر الموجات البارزة من الهجرة الجليدية عبر منطقتي شبه الجزيرة العربية والشام قبل حوالي 94-106 ألف سنة، و89-73 ألف سنة، و59-47 ألف سنة، و45-29 ألف سنة مضت. تؤكِّد النتائج أن التقلّبات المناخية العالمية على المستوى المداري قد لعبت دورًا مهمًّا في تشكيل التوزيعات السكّانية العالميّة في أواخر عصر البلايستوسين، بينما كان للتغيرات المناخيّة المفاجئة على المستوى الألفي والمُصاحِبة لأحداث دانسجارد-أوشجر -Dansgaard Oeschger أثرٌ إقليمي محدود.

A Timmermann *et al*

doi: 10.1038/nature19365

علم الحيوان

مسار التحلل الدهني يحفظ الخلايا الجذعية

يُعْتَقَد أن الخلايا الجذعية السرطانية (CSCs) مسؤولة عن سبات الورم السرطاني، وانتكاس أغلب مرضى السرطان؛ ووفاتهم في النهاية. وإضافةً إلى ذلك.. فهذه الخلايا مُقاوِمة عادةً للظروف المُسَمِّمة للخلايا، إلا أنه ليس معروفًا الكثير عن البيولوجيا الكامنة وراء هذه المقاومة ضد العقاقير. وقد دَرَس الباحثون موت الخلايا الجذعية في الجهاز الهضمي لذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster* البالغة؛ ووجدوا أن إسقاط مُرَكَّب البروتين الغلافيI (COPI)–Arf79F (المعروف أيضًا باسم Arf1) قد تسبب في القتل الانتقائي للخلايا الجذعية الطبيعية، والمتحولة بالنَّخْر بإضعاف مسار التحلل الدهني، إلا أنه أبقى على الخلايا المتمايزة، وبعد ذلك أُحيطت الخلايا الجذعية المحتضرة بالخلايا المُتمايزة المجاورة، من خلال مسار الْتِهام ذاتي معتمد على draper، و myoblast city، وRac1، وbasket (المعروفة أيضًا باسم JNK). وإضافةً إلى ذلك، فإن مثبِّطات Arf1 قلَّت CSCs من أنسال الخلايا السرطانية في الإنسان. وبالتالي، يُعْتَقَد أن الخلايا الجذعية الطبيعية أو السرطانية تعتمد أساسًا على مخزون الدهون للحصول على الطاقة، بما يجعل وَقْف مسار التحلل الدهني يجوِّعها حتى الموت. وهذه النتائج قد تؤدي إلى ابتكار علاجات جديدة قد تساعد على القضاء على الخلايا الجذعية السرطانية في السرطانات البشرية.

S Singh *et al*

doi: 10.1038/nature19788

فلك

مواد عضوية على مُذَنّب 67 بي

باكتشاف عناصر محددة، مثل الكربون، والهيدروجين، والأكسجين، والنيتروجين في جزيئات مُذَنَّب 1بي/هالي، تأسست فكرة وجود مواد كربونية صلبة في غبار المُذَنَّب. كان يُعتقد أن هذه المواد قد نشأت ـ بصفة عامة ـ في وسط ما بين النجوم، ولكنها ربما تكون قد تشكلت في السديم الشمسي (سحابة من الغاز والغبار اللذين تَخَلَّفا بعد تكوُّن الشمس). هذه المواد الكربونية الصلبة لا يمكن ملاحظتها من الأرض، ولذلك استعصت على التوصيف الدقيق. ومع ذلك، فقد تم رصد العديد من الجزيئات العضوية الغازية، حيث تأتي في معظمها مِن تسامي الثلوج على السطح، أو ما تحت سطح النوى المُذَنَّبية. ربما تكون هذه الثلوج قد تشكلت من المواد الموروثة من وسط ما بين النجوم، الذي تعرَّض لمعالجة بسيطة في السديم الشمسي. ويُورِد الباحثون اكتشافًا مباشرًا لمواد عضوية صلبة في جزيئات الغبار المنبعثة من المُذَنَّب 67 بي/تشوريوموف-جيراسيمنكو، حيث يرتبط الكربون في هذه المواد العضوية بمركبات جزيئية كبيرة جدًّا، مشابهة للمواد العضوية غير القابلة للانحلال الموجودة في أحجار نيازك الكوندريت الكربونية. ومن المرجح أن تكون تلك المواد العضوية النيزكية قد تشكلت أيضًا في وسط بين النجوم، و/أو السديم الشمسي، ولكنْ بشكل شبه مؤكد، وتم تعديلها في أجسام النيازك الأصلية. استنتج الباحثون أن المواد الصلبة الكربونية التي تمت ملاحظتها في غبار المُذَنَّب قد يكون لها نفس منشأ المواد العضوية النيزكية غير القابلة للانحلال، لكنها تعرضت لتعديل أقل قبل و/أو بعد دمجها في المُذَنَّب.

N Fray *et al*

doi: 10.1038/nature19320

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

صندوق الأدوات

قواعد بيانات ديمقراطية: علوم على موقع GitHub

العلماء يلجأون إلى موقع مختص بتطوير البرمجيات؛ لمشاركة البيانات والأكواد.

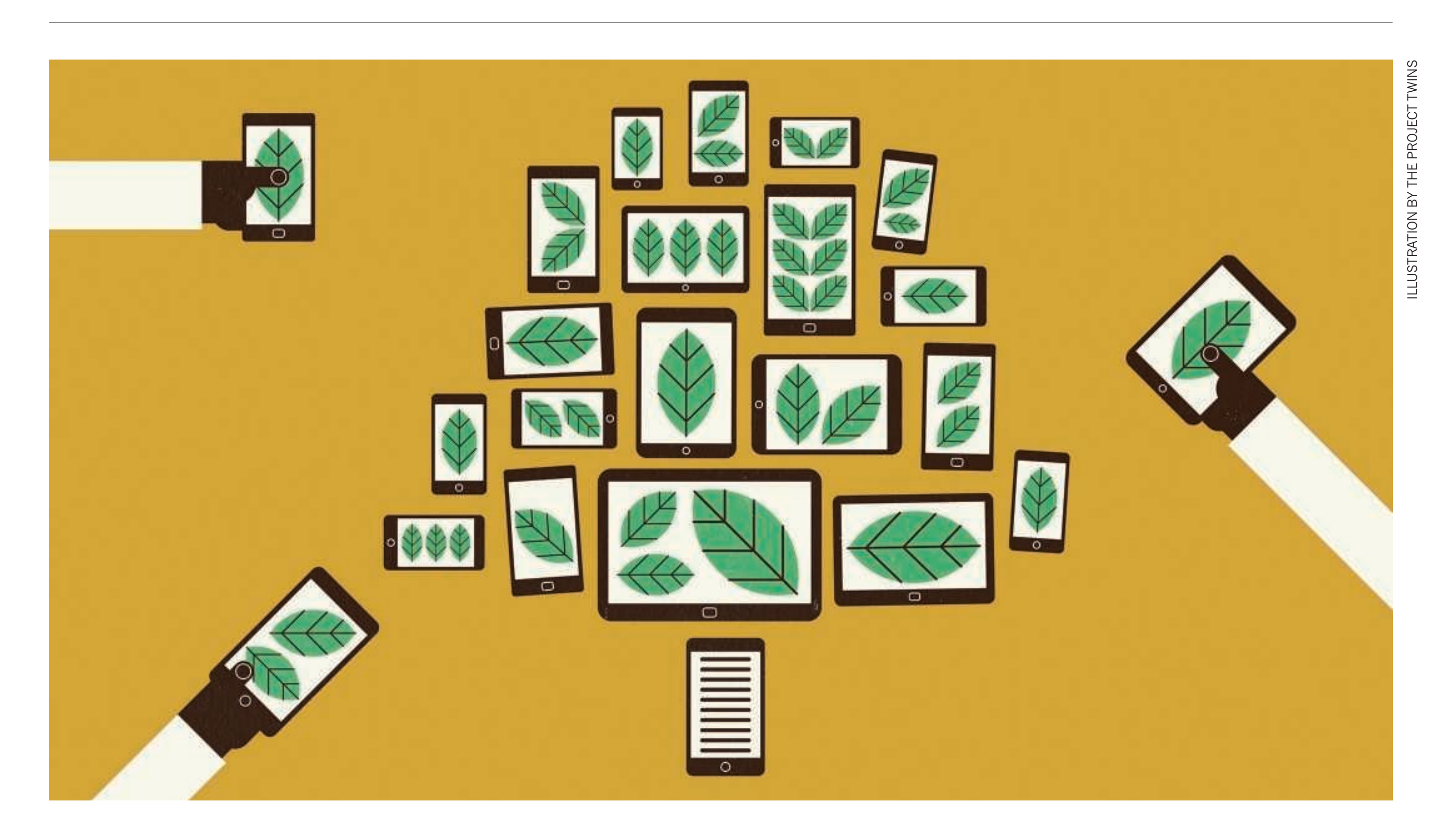


ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

جيفري بيركل

مع تزايد وتيرة تفشِّي فيروس الإيبولا في غرب أفريقيا في شهر يوليو من عام 2014، شرعت كايتلين ريفيرز في جمْع بيانات المصابين. أرادت ريفيرز ـ التي كانت حينها طالبة بمرحلة الدكتوراة، متخصصة في علم الأوبئة الحاسوبي ـ وَضْع نموذج لتفشِّي الوباء، فكانت تقوم ـ بشكل يومي ـ بتحميل ملفات PDF التي تُصْدِرها وزارات الصحة بالدول المنكوبة بالفيروس، والتي تحوي البيانات الأحدث، ومن ثم تحوِّل الأرقام الموجودة بها إلى جداول يمكن قراءتها على الحاسوب. وبدلًا من أن تحتفظ بتلك الجداول لنفسها، كانت تقوم بعرضها على موقع GitHub.com، وهو موقع ذائع الصيت، مختص بالعمل التعاوني على أكواد البرمجيات. وقد ظَنَّت ريفيرز أن ما تعرضه من ملفات على هذا الموقع سيجذِب المهتمين بمعرفة أحدث المعلومات عن تفشِّي فيروس الإيبولا. تقول: "اعتقدتُ أنه طالما أنني بحاجة إلى تلك المعلومات، فلا بد أن غيري بحاجة إليها أيضًا".

وقد كانت مُحِقَّة، فقد بدأ باحثون آخرون في تحميل البيانات، والإسهام في المشروع. وفي بعض الأيام، كانت أطراف ثالثة تقوم بتحميل بيانات الوزارات قبل ريفيرز، وتحويلها إلى جداول، ثم تحملها على مستودع الموقع. وأنشأ آخرون نصوصًا برمجية لإجراء عمليات تدقيق بسيطة للبيانات، كالتأكد مثلًا من أن عدد المرضى اليومي المذكور عدد منطقي. وفي ذلك الوقت، كان موقع GitHub هو "حقًّا المكان الوحيد على شبكة الإنترنت الذي يمكنك فيه التفاعل مع تلك البيانات كبيانات فعلية، لا كملفات PDF"، كما تقول ريفيرز، التي كانت في معهد فرجينيا للعلوم التطبيقية، وجامعة الولاية بمدينة بلاكسبرج، عندما بدأت مشروعها هذا، وهي تعمل الآن اختصاصية في علم الأوبئة في مركز الصحة العامة، التابع للجيش الأمريكي، بمدينة إدجوود في ولاية ميريلاند.

دُشِّنَ موقع GitHub في عام 2008؛ لمساعدة مطوِّري البرمجيات. ويتباهى الموقع الآن بوجود 15 مليون مستخدِم له، كما تزداد شهرته بين الباحثين؛ لمشاركة مجموعات البيانات العلمية وأكوادها، والحفاظ عليها، وتحديثها (انظر: "الأثر المتنامي لموقع GitHub"). يقول دانيال فولستر ـ الباحث في علم البيئة بمرحلة ما بعد الدكتوراة في جامعة ماكواري بمدينة سيدني بأستراليا ـ إنّ موقع GitHub يُعَدّ "الاكتشاف الأعظم في مسار عملي، منذ أن بدأتُ في مجال البرمجة". ويضيف: "عندما بدأنا في استخدام الموقع، وجدناه مذهلًا حقًّا.. ونحن الآن نستخدمه في جُلّ أعمالنا". فقاعدة بيانات الكتلة الحيوية وقياس التنامي، الخاصة بفولستر، التي تجمع قياسات مختلفة لأحجام النباتات من 176 دراسة، مُخَزَّنَة على الموقع، وكذلك مشروع "شجرة الحياة المفتوحة"، الذي يهدف إلى جمع معلومات وبيانات التأريخ العرقي المختلفة المنشورة؛ بغية بناء "شجرة حياة" واحدة رئيسة، ويُستغَلّ الموقع لتخزين ملفات البيانات، وسجلات المنشورات، وقبول مجموعات البيانات الجديدة من الأطراف الثالثة.

هناك الكثير من المواقع المُكَرَّسَة لمشاركة البيانات، إلا أن موقع GitHub مصمَّم خصيصًا للتعاون المفتوح وبشفافية، إذ إنه يستخدم برمجيات ضبط الإصدارات؛ لتتبُّع أي تغيُّر يطرأ على الأكواد، أو البيانات. ويعني ذلك أنّ فِرَقًا كبيرة ومتفرقة من المبرمِجين يمكنها العمل معًا على مشروع واحد على ◄

شبكة الإنترنت، وأنّ المستخدِمين بإمكانهم الاطلاع على تاريخ إصدار كل ملف، راصدين كُلّ تغيُّر طرأ عليه، وتاريخ حدوث هذا التغير، والشخص الذي قام به، وسبب ذلك. ويستطيع المبرمجون نسخ ـ أو "تقسيم" ـ أحد المستودعات؛ لتجربة أفكار جديدة، إذ يمكن إدماج التغيرات المفيدة في المشروع الأساسي، بينما يتم تجاهل التغيرات الأخرى، أو إعادة استخدامها لاحقًا.

على سبيل المثال، يستطيع أيّ شخص زيارة لائحة الكواكب غير الشمسية المفتوحة Open Exoplanet Catalogue المبنية على موقع GitHub ـ وهي قاعدة بيانات متنامية، تحوي آلاف الكواكب المعروفة خارج المجموعة الشمسية ـ وإضافة معلومات جديدة عبر متصفِّحه الشخصي. وكما هو الحال في مشروع "شجرة الحياة المفتوحة"، لا يحوي الموقع الأساسي للمشروع عنوان موقع GitHub.com. وعليه، فلن يعرف الزائرون العابرون أنهم يتعاملون مع برمجيات ضبط الإصدارات، غير أن الملفات متاحة مجانًا في مستودع موقع GitHub للمستخدِمين الأكثر تقدمًا. ومع حدوث أيّ تعديل، يتم تنبيه مطوِّري المشروع ليقوموا بمراجعة التغيير المقترح. ومن بين هؤلاء: هانو راين، عالِم الفيزياء الفلكية في جامعة تورونتو بكندا، الذي يقول إنّ موقع GitHub يتيح "نظامًا أكثر ديمقراطية بكثير" عما قد يتيحه فهرسٌ ثابت على شبكة الإنترنت للكواكب غير الشمسية؛ لأنّ أيّ مستخدِم يستطيع اقتراح تعديلات، بل وبإمكانه أيضًا تكييف نسخة من مجموعة البيانات؛ لتُناسِب مواصفاته الخاصة. وقد قام حوالي 100 شخص بنَسْخ مستودع المشروع، بينما جَذَبَ تطبيق الهاتف المحمول "إكسوبلانيت" Exoplanet ـ الخاص براين، ويعمل اعتمادًا على قاعدة البيانات نفسها ـ حوالي 10 ملايين شخص قاموا بتحميل التطبيق.

من "لينوكس" إلى المختبر

تُعرف الأداة البرمجية التي يَعتمِد عليها موقع GitHub باسم "Git"، وقد أنشأها المبرمج لينوس تورفالدز؛ للتحكم في تطوير نظام التشغيل مفتوح المصدر "لينوكس" Linux، وهو مشروع ضخم، شارك فيه آلاف المبرمجين المستقلين. يقول أرفون سميث، مدير برنامج لدى GitHub في سياتل بولاية واشنطن: "إنّ Git هي تقنية مُصَمَّمَة من أجل المراقبة الدقيقة جدًّا للكود، سطرًا بسطر؛ لرصد أيّ تغيرات تطرأ على كود المصدر". وبرغم أن هناك برمجيات أخرى متاحة لضبط الإصدارات (كأداة Mercurial مثلًا)، إلا أن Git هي واحدة من أشهرها على الإطلاق.

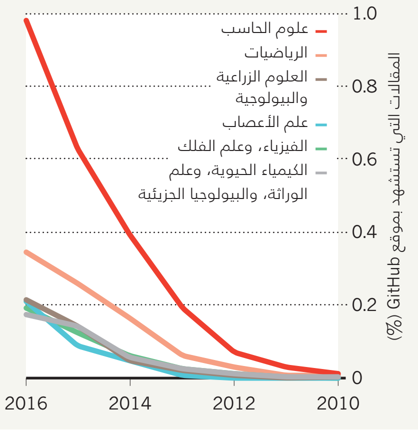
يَستخدِم كثيرٌ من المبرمجين أداة Git على حواسيبهم الخاصة. وبالنسبة إلى المبرمجين العلماء، فهي تُعَدّ بمثابة مفكرة مختبَر للحوسبة العلمية، كما تقول كاتي هاف، مهندسة الطاقة النووية في جامعة إلينوي في أوربانا شامبين. فشأنها شأن مفكرة المختبر، حيث تحتفظ هذه الأداة بسجل دائم للأحداث، إلا أن صيغتها ومسار عملها يتسمان بالإرباك بشكل مشين. تقول هاف: "يسعني القول إن الواجهة البينية ليست حدسية، وبشكل لا داعي له".

تصقل الواجهة الأجمل الخاصة بمتصفح موقع GitHub بعض الخصائص المزعجة لأداة Git، مما يسهِّل على المبتدئين الإسهام فيها. ويستضيف الموقع الآن ملايين المشروعات؛ بعضها شخصي، والبعض الآخر تعاوني على نحو كبير، وهو متوفر بالمجان للمشروعات ذات المصدر المفتوح. (يدفع المستخدمون والمؤسسات التي تودّ الحفاظ على خصوصية ملفاتها 7 دولارات أمريكية كل شهر فما أكثر، وثمة خدمة أخرى ذات صلة، تُعرف باسم Bitbucket، تعمل أيضًا بناء على أداة Git، وتقدِّم مستودعات مجانية عامة وخاصة غير محدودة لما يصل إلى 5 مستخدمين؛ أمّا أوجه التعاون الأضخم، فتبلغ تكلفتها 10 دولارات شهريًّا فأكثر).

لا تعمل كل أنواع مجموعات البيانات بشكل جيد مع أداة Git. وتسجل الأداة سطرًا بسطر التغيرات التي ترصدها في الملفات، بدلًا من الحفاظ على إصدارات متعددة من الملفات ذاتها. كما تعمل بسلاسة مع الملفات النصية، مثل كود المصدر، وملفات XML، والكتابات المكتوبة بلغة Markdown، أوLaTeX، وملفات CSV (التي يمكن استنباطها من برنامج Excel، على سبيل المثال)، إلا أنها لا تستطيع أن تتتبَّع بفعالية التغييرات التي تطرأ على الملفات "الثنائية"

الأثر المتنامي لموقع GITHUB

تستشهد نسبة متزايدة من المقالات البحثية بموقع GitHub في مَراجعها.



التي لا يمكن قراءتها من قِبَل البشر، مثل مستندات وصور برنامج Microsoft Office؛ لأن عملية "المقارنة" التي يقوم بها البرنامج، والتي تحدد كيف تتغير الملفات من إصدار إلى إصدار لا يمكنها تفسير مثل هذه البيانات. يقول سميث: "فور إدراج نسق ثنائي، وليس خطيًّا، تقوم أداة Git بترقيم إصدارات المحتوى بشكل سيئ للغاية".

كما يفرض موقع GitHub أيضًا قيودًا على الملفات؛ فحَدُّه القياسي 100 ميجابايت لكل ملف، مع زيادة طفيفة بمقدار جيجابايت واحد لكل مستودع. (وثمة أيضًا مكوِّن إضافي، يُطلق عليه تخزين الملفات الكبيرة Large File Storage، يسمح لأداة Git وموقع GitHub بالتعامل بفعالية أكبر مع الملفات الأكبر حجمًا، ولو أنه لا يستطيع إلى الآن رصْد الفروق بين الإصدارات الثنائية).

سرعة، ومرونة

أكثر مَن يتناسب معهم موقع GitHub هم الباحثون الذين يتعاملون مع مجموعات بيانات نصية صغيرة نسبيًّا، يتم تحديثها، والإشراف والحفاظ عليها بواسطة مجموعات من العلماء. ومثال على ذلك.. مشروع فيروس الإيبولا الخاص بريفيرز. وقد استخدم نِك لومان ـ اختصاصي الجينوم الميكروبيّ ونظم المعلومات الحيوية في جامعة برمنجهام بالمملكة المتحدة ـ الموقع أيضًا؛ لإجراء دراسات سريعة الوتيرة على المُمْرِضات. ولومان عضو بمشروع "زيبرا" ZiBRA (مشروع تحليل فيروس "زيكا" آنيًّا في البرازيل)، وهو من الجهود الرقابية البرازيلية المستمرة، حيث يقوم المشروع بجمع عينات من فيروس "زيكا" من جميع أنحاء البرازيل، ويضع تسلسلها ويحللها آنيًّا. يقول لومان إنّ بيانات تسلسل الحمض النووي كانت تُرسَل في العادة إلى أرشيفات معينة من قبيل GenBank، وستُرسل هذه البيانات أيضًا، لكن من الممكن أن تستغرق تلك المواقع وقتًا طويلًا لنشر بياناتها للعامة. ويضيف لومان قائلًا إنّ موقع GitHub يقدِّم وسيلة أسرع وأكثر مرونة لنشر نُسَخ

مبدئية من مجموعات البيانات، أشبه ـ نوعًا ما ـ بالتدوين أو التغريد على موقع Twitter؛ لإعلان نتيجة بحثية قبل نشرها.

ويحذِّر سميث من أنه نظرًا إلى إمكانية تغيير أو حذف مجموعات البيانات على موقع GitHub من قِبَل مؤلفيها، لا يضمن الموقع بقاء أرشيف يمكن الاقتباس والاستشهاد منه دومًا. وينبغي على المهتمين بإنشاء سجل دائم بعيد المدى لمجموعة بياناتهم على الحال التي هي عليه في وقت معين ـ عند نشر ورقة بحثية، على سبيل المثال ـ النظر في فكرة تخزين النسخة المناسبة من بياناتهم على مواقع علمية مخصصة، مثل موقعَيْ Zenodo، وFigshare، فهذان الموقعان يسمحان لمستخدمي GitHub بأرشفة لقطات من مستودعاتهم، وسيقدمان مُعَرِّفًا رقميًّا (DOI) لمجموعة البيانات، يمكن الاستشهاد به. وحسب تصريحات سميث، فقد قام بالفعل حوالي 8 آلاف مستخدِم لموقع GitHub بفعل ذلك.

وثمة خيار آخر لمشاركة البيانات، هو (Dat)؛ الذي يُعَدّ أداة متعددة الأغراض، تُستخدم لمشاركة ومُزامنة البيانات بين حواسيب مختلفة. وحسب قول كبير المبرمجين ماكس أوجدين ـ في بورتلاند بولاية أوريجون ـ تقوم أداة Dat بترقيم الإصدارات بطريقة شبيهة لأداة Git في العمل التعاوني، غير أنها تشمل نظامًا لمشاركة الملفات بين الأقران؛ من أجل توزيع ملفات البيانات. يقول أوجدين إنّ أداة Dat أكثر براعة في التعامل مع الملفات الثنائية الكبيرة، إذ إنها تُقسِّمهم إلى مجموعات، وتقوم بنقل الأجزاء التي تغيرت فقط.

وتُعتبر مشاركة البيانات مطلبًا ضروريًّا للعلوم المفتوحة، ويستطيع الباحثون مشاركة مجموعات البيانات في أي مكان يريدون، لكن حتى لو لم يَستعِن العلماء بموقع GitHub.com، ينبغي عليهم النظر في فكرة استخدام أداة Git، أو أي أداة شبيهة بها؛ لتسجيل التغييرات التي تطرأ على مجموعات البيانات ونصوص معالجة البيانات، كما تقول تريسي تيل، الرئيس التنفيذي لشركة "داتا كاربنتري" Data Carpentry، وهي مؤسسة غير ربحية، تقوم بتدريب الباحثين على استخدام البيانات.

ويملك الباحثون المهتمون باستخدام أداة Git وموقع GitHub العديد من الموارد المتاحة على شبكة الإنترنت، يمكنهم اللجوء إليها.. فمثلًا، تقدِّم شركة "كود أكاديمي" Codeacademy دليلًا تعليميًّا تفاعليًّا مجانيًّا، وكذلك موقع GitHub (try.github.io). وقد شارك جريج ويلسون ـ مؤسس موقع مهارات حوسبة الأبحاث "سوفتوير كاربنتري" Software Carpentry ـ في تأليف دليل تعليمي في شهر يناير الماضي (J. D. Blischak *et al*. *PLoS Comput. Biol.* **12**, e1004668; 2016). ويستعمل عدد كبير من المبرمجين ومتخصِّصي نظم المعلومات الحيوية أداة Git؛ وعليه، فمِن الممكن أيضًا طلب مساعدتهم.

ورغم منحنيَيْ تعلُّمهما الحادَّيْن، تتمتع أداة Git وموقع GitHub بقاعدة كبيرة من المعجبين المخلصين وسط العلماء. تقول إيميلي جين ماكتافيش ـ عالمة الأحياء التطورية في جامعة كاليفورنيا في ميرسيد، وعضو مشروع "شجرة الحياة المفتوحة" ـ إنّ هذا الموقع يُعَدّ موردًا أساسيًّا.. "لا أدري كيف كنتُ أعيش بدونه مِن قَبْل". ■

RICHARD VAN NOORDEN/SOURCE: ELSEVIER SCOPUS DATABASE

تصحيح

لم يذكر موضوع "الحواسب تراقب الشعاب المرجانية" ـ المنشور بقسم "صندوق الأدوات" في عدد أكتوبر الماضي (*Nature* **537**, 123–124; 2016) ـ اسم النظام الذي طَوَّره أرجون تشينيو، كما ذكر ـ خطأً ـ أنه قائم على خوارزمية شبكة عصبية؛ حيث إن اسم النظام هو "HyperDiver"، ويستخدم خوارزمية برنامج تَعَلُّم آليّ مشابهة لتلك التي يستخدمها موقع CoralNet.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مهن علمية

حديث المهن عالم فضاء يقوم بتحليل البيانات من أجل هوليوود **ص. 63**

أحداث نيتشر لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: **arabicedition.nature.com/events**

وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**



MONTY RAKUSEN/SPL

يمكن للخبرة في قطاع الصناعة أن تفتح الأبواب أمام خيارات مهنية جديدة تمامًا.

صناعة

الانفتاح على الأعمال التجارية

يمكن لوظائف ما بعد الدكتوراة في قطاع الصناعة أن تعلِّم الأشخاص مهارات لم يكونوا ليكتسبوها من الحياة الأكاديمية.

كريس وولستون

لقد أصبح الحصول على وظيفة باحث في مرحلة ما بعد الدكتوراة مرة (أو اثنتين، أو ثلاث) محطة تكاد تكون إجبارية في الطريق نحو وظيفة دائمة في المجال البحثي؛ سواء أكان ذلك أمرًا جيدًا، أم لم يكن كذلك. فبينما يبحث العلماء عن فرص للعمل كباحثين في مرحلة ما بعد الدكتوراة، كان على الكثيرين إعادة التفكير في النموذج الذي يمثل وظيفة ملائمة. ولا تزال الوظائف المعتادة في الجامعات أو المعاهد البحثية التابعة للحكومة تجذب الكثير من المتقدمين، بيد أن العديد من الباحثين يختارون استكمال تدريبهم في مؤسسات مختلفة؛ مؤسسات يديرها رئيس تنفيذي، وليس عميدًا.

يمكن لوظيفة باحث في مرحلة ما بعد الدكتوراة في شركة هادفة إلى الربح أن تفتح الأبواب أمام كافة أنواع المهن العلمية، ولكن على غرار الجامعات والمعاهد، يمكن لهذه الوظيفة في قطاع الصناعة أن تعوق تقدُّم صاحبها، حتى يصبح حبيسًا لها؛ ففي حقيقة الأمر يحوي قطاع الصناعة شِراكًا من نوع خاص لأولئك الذين لا يمعنون النظر جيدًا في متطلبات الوظيفة التي يتقدمون إليها، ونقاط القصور بها، حيث يجب على الباحث ـ قبل التقدُّم للعمل في قطاع الصناعة ـ التأكد من أنه سيكتسب من هذه الوظيفة المهارات، وسجل المنشورات العلمية، وشبكة العلاقات التي سيحتاج إليها؛ كي ينتقل إلى الخطوة التالية في مسيرته المهنية.

وحتى بالنسبة إلى أولئك المهتمين اهتمامًا شديدًا بمجال المستحضرات الدوائية والتكنولوجيا الحيوية، مِن الممكن أن تكون وظيفة باحث ما بعد الدكتوراة في قطاع الصناعة بعيدة تمامًا عن دائرة انتباههم. وقد كان هذا هو الحال مع نوريا سانتشو أولترا، فبعد أن أنهت رسالة الدكتوراة في الكيمياء العضوية والجزيئية الحيوية بجامعة خرونينجن في هولندا، عُيِّنت في وظيفة باحث ما بعد الدكتوراة، تضمنت العمل لمدة عامين على تطوير الأدوية في جامعة بنسلفانيا بفيلادلفيا، والعمل لأكثر من عام في المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا Swiss Federal Institute of Technology في مدينة لوزان، ولم تفكر في العمل في قطاع الصناعة، بيد أنها سرعان ما أدركت أن الوسط الأكاديمي لا يناسبها؛ فتقول: "لم أكن أعالِج مرضًا، أو أفعل أي شيء من شأنه النهوض بالرعاية الصحية على المدى القصير. لم أفعل شيئًا سوى نشْر أوراق بحثية. هذا كل ما في الأمر".

وبمجرد أن أنهت فترة العمل في وظيفة باحث في مرحلة ما بعد الدكتوراة، قررت أن تعمل في وظيفة عالِم بدوام كامل في إحدى شركات الأدوية، وتقول: "بدأتُ أتقدم لوظائف، ولكنني أدركتُ أن الأمر لن يكون سهلًا، لأنني أفتقر إلى الخبرة العملية في قطاع الصناعة". ومن ثم، بدلًا من الاستمرار في محاولات التقدم عبثًا لوظائف، بدأتُ العمل كباحث ما بعد الدكتوراة لمدة عامين في شركة الأدوية السويسرية «روش». وبعد أربعة أشهر فقط من عملها في هذه الشركة، كانت قد اكتسبت بالفعل الكثير من المعرفة عن الأفكار والتجارب والتطوير اللازم لتحويل مُركَّب مثير للاهتمام إلى عقار حقيقي. ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

استمارات التقدم إلى وظيفة باحث ما بعد الدكتوراة

كيف تميِّز سيرتك الذاتية؟

لا تُتاح فرصة حقيقية للحصول على وظيفة «باحث ما بعد الدكتوراة» في الشركات البحثية الكبرى، سوى للمتقدمين المتميزين، فكيف يمكنك أن تكون متميزًا؟ تقدِّم سارة هيموويتز بعض المقترحات، حيث تقوم بفحص مئات من استمارات التقدم لكل إعلان عن وظيفة باحث ما بعد الدكتوراة في قسم الكيمياء، وعلم الأحياء البنيوي بشركة «جينينتك» في جنوب سان فرانسيسكو بكاليفورنيا. لا يوجد لديها الوقت الكافي لقراءة السير الذاتية كاملة، رغم أن بعضها يستحق أكثر من مجرد نظرة خاطفة، ومن ثم فإنها تبحث عن أشياء محددة في السيرة الذاتية للمتقدمين.

- **الهدف المحدد:** تبحث هيموويتز عن الأشخاص الذين لديهم سبب علمي محدد للالتحاق بالشركة، فتقول: "كلُّ ما يسعى إليه كثيرون من المتقدمين الأقل كفاءةً هو العمل في شركة «جينينتك» فحسب".
- **القدرة على إتمام العمل:** تقول هيموويتز: "أبحث دائمًا عن أشخاص لديهم تاريخ في الإنجاز الفعلي للمشروعات"، ومن ثم، فإنها لا تنبهر على الإطلاق بالسيرة الذاتية التي تحتوي على قائمة طويلة من الأوراق البحثية «المقدمة»، مضيفةً أن: "ورقة بحثية منشورة فعليًّا في دورية «نيتشر ستراكتشرال بايولوجي» *Nature Structural Biology* أفضل من ورقة بحثية مُحتمل نشرها في دورية *Nature*".
- **روح الفريق:** تبحث هيموويتز عن علماء يعتنقون العمل الجماعي، حيث إن هذا عامل أساسي في قطاع الصناعة، وتقول: "أحب أن أرى أبحاث المؤلفين المدوَّنة أسماؤهم في منتصف القائمة؛ فهذا يعني أنهم قادرون على التعاون حقًّا".
- **علم.. وليس تجارة:** لا تهدر مساحة قيِّمة من سيرتك الذاتية في الحديث بالتفصيل عن إلمامك ومعرفتك بالجانب التجاري من التكنولوجيا الحيوية، أو صناعة المستحضرات الدوائية، فعندما ترغب هيموويتز في تعيين باحث في مرحلة ما بعد الدكتوراة، فإنها تبحث عن عالِم، وليس عن شريك تجاري، حيث تقول: "لا يعنيني إطلاقًا ما يعرفه الباحث عن قطاع الصناعة".
- **علامات واضحة:** ليس لدى هيموويتز الوقت الكافي لقراءة كل سيرة ذاتية بالكامل، ولذلك.. يجب أن تكون المعلومات الأساسية بارزة بوضوح، ومن ثم، فإنها تنصح باستخدام بعض النقاط الجانبية؛ لإظهار المهارات والإنجازات العلمية، مع استخدام كلمات مفتاحية محددة.
- **شهادات الآخرين:** يمكن لشهادة تزكية تدعمك من شخص يعرف عملك جيدًا أن تمثل إضافة كبيرة، وتساعدك كثيرًا، ولذلك تقول هيموويتز: "إذا أرسل لي الباحث الرئيس ـ الذي يعمل معه أحد المتقدمين ـ رسالة بريد إلكتروني، أو اتصل بي هاتفيًّا، فإن هذا يجعلني ألقي نظرة عن كثب على الاستمارة الخاصة به". **كريس وولستون**

وتضيف: "لديَّ الآن رؤية أكثر شمولية عمّا يتطلَّبه الأمر لتطوير المنتجات؛ حيث يمكنك أن تتفاعل مع الكثير من الناس، وتشعر بأنك جزء من الفريق".

الخطوات الأولى

عندما تنظر أولترا إلى مسارها المهني؛ تجد أنها سعيدة بالدرب الذي سلكته، حيث تقول إنها لم تكن لتنجح في الحصول على هذه الوظيفة العملية التي تشغلها، والتي ينصبّ تركيزها على الرعاية الصحية، لولا التدريب الذي حصلَتْ عليه من خلال وظيفتها الأكاديمية. ومع ذلك، فإنها تشجع العلماء الآخرين المهتمين بمجال المستحضرات الدوائية أو التكنولوجيا الحيوية على تيسير الأمر على أنفسهم، والتفكير في العمل في قطاع الصناعة كخيار أول، حيث تقول: "إذا كنتَ بصدد الانتهاء من رسالة الدكتوراة، فيمكنك العمل كباحث ما بعد الدكتوراة في قطاع الصناعة، فالأمر لا يختلف كثيرًا عن إجراء الأبحاث في الدوائر الأكاديمية".

والحقيقة أن الشركات تعزف عن تعيين موظفين دائمين، ليس لديهم أي خبرة في قطاع الصناعة، كما تقول باربرا بريستون، أخصائية سابقة في علم العقاقير، وتُعتبر واحدة من مؤسسي شركة «فارماسكاوتس»، وهي شركة توظيف في المجال العلمي في ضاحية لاهويا بولاية كاليفورنيا. وتضيف: "تخبرني الشركات أن الأمر يستغرق عامًا ليتأقلم الأشخاص نفسيًّا مع الانتقال من الدوائر الأكاديمية إلى قطاع الصناعة". ولذلك، فإن الباحثين الذين تعكس سيرتهم الذاتية خبرة سابقة في العمل في قطاع الصناعة يكونون أكثر جاذبية في نظر لجان التوظيف بالشركات.

أما دانيال لافكس، المتخصص في علم الأحياء التنموي، فقد صرف النظر عن فكرة العمل كباحث ما بعد الدكتوراة في قطاع الصناعة، بعد أن حصل على الدكتوراة من جامعة أثينا الوطنية، والكابوديسترياكون، ويقول: "كنت أعتقد أنني إذا أردتُ إجراء الأبحاث الأساسية، فإن الخيار الوحيد أمامي هو الدوائر الأكاديمية، فلم أكن ملمًّا بالمستوى العلمي للتجارب والأبحاث التي تُجرى بشركات التكنولوجيا الحيوية"، بيد أن خططه ـ وأفكاره المسبقة عن أن قطاع الصناعة ليس المضمار الملائم للأبحاث الأساسية ـ تغيرت، بعد أن تَحَدَّث في أحد المؤتمرات مع كريس سيبل، المتخصص في أبحاث السرطان. يشترك سيبل ـ وهو عالِم بارز في علم الأورام بشركة «جينينتك» في جنوب سان فرانسيسكو في كاليفورنيا ـ مع لافكس في التزامه بالأبحاث الأساسية، ومن ثم أعاد لافكس سريعًا تقييم فكرته عن النوعية المقبولة له من وظائف باحث ما بعد الدكتوراة، ويقول: "كانت مكانة سيبيل في هذا المجال تمثل عاملًا شديد الأهمية لي؛ للتفكير في وظيفة باحث ما بعد الدكتوراة في قطاع الصناعة".

وعلى غرار الكثير من العلماء الذين يفكرون في القيود التي يفرضها عليهم قطاع الصناعة، كان لافكس قلقًا من أن تتسبَّب سياسة السرية لدى الشركات في عزله عن المجتمع العلمي، فكما يقول: "يحتاج العالِم إلى العلاقات، فإذا كنتَ غير قادر على الحديث عن أعمالك خارج حدود الشركة؛ فسيمثل ذلك عيبًا من عيوب الوظيفة"، وتَحَدَّث أيضًا عن النشر على أنه قضية محورية أخرى، حيث قال: "كنتُ أعلم أنّ عليَّ العمل في معمل يمنحني مساحة جيدة للنشر".

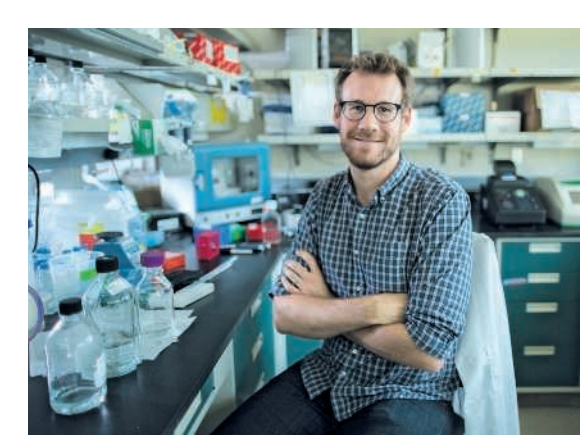
وتقول بريستون: "لا شك في أن هذه المخاوف مشروعة"، وتضيف قائلة إنه كثيرًا ما يتعرض باحثو ما بعد الدكتوراة لعوائق وعقبات عند العمل بقطاع الصناعة، بسبب سياسة الشركات التي يعملون بها. وتضيف: "يرغب باحثو ما بعد الدكتوراة في نشر أعمالهم، ولكن في قطاع الصناعة لا يتسنى لهم ذلك في كثير من الأحيان". فهناك شركات تعارِض نشر أبحاثهم، وهناك شركات ليس لديها التمويل الكافي لدعم نوعية المشروعات الجانبية التي يمكن أن تتمخض عنها أوراق بحثية.

وبالنسبة إلى شركة «جينينتك»، فإنها تتيح لباحثي ما بعد الدكتوراة نشر أوراقهم البحثية. وبعد أن اطمأنَّ لافكاس لهذا الأمر، انضم إلى المعمل نفسه الذي يعمل به سيبيل في عام 2013. وقد أتت هذه الخطوة ثمارها، ففي عام 2015، كان لافكاس المؤلف الرئيس لورقة بحثية نُشرت في دورية *Nature* توضح أن المسارات التأشيرية لمستقبِلات «نوتش» يمكن أن تحدِّد تطور خلايا الرئة لدى البالغين (D. Lafkas *et al*. *Nature* **528**, 127–131; 2015). وبعد أن حقَّق إنجازًا بنشر ورقة بحثية في دورية مرموقة، شعر لافكاس أن لديه العديد من الخيارات عندما أنهى فترة عمله كباحث ما بعد الدكتوراة في عام 2016. يقول: "كان خيار العودة إلى الدوائر الأكاديمية قائمًا بالنسبة لي"، ولكن انتهى به المطاف بقبول وظيفة بدوام كامل في قسم أبحاث علم المناعة لدى شركة «جينينتك»، حيث سيشارك في البحث عن أهداف دوائية جديدة. ويضيف لافكاس: "كنتُ أريد أن أجد المعمل الذي يحفِّزني العملُ فيه على مغادرة منزلي كل صباح. فطالما أؤدي عملًا أشعر بشغف تجاهه، لا أرى سببًا يدعو إلى التغيير".

البحث أولًا

قد يشعر الحاصلون حديثًا على الدكتوراة ـ الذين يفكرون في الخيارات المتاحة أمامهم للعمل كباحثي ما بعد الدكتوراة ـ بالقلق من عدم القدرة على العودة إلى الدوائر الأكاديمية، إذا ما بدأوا تدريبهم في قطاع الصناعة. وعلى الرغم من أن معظم الباحثين الذين يعملون في قطاع الصناعة ينتهي بهم الحال بالاستمرار في المجال نفسه، فإنّ هذا أبعد ما يكون عن النهاية الوحيدة لذلك الطريق، وفقًا لما تقوله ليزلي بوند، رئيس برنامج أبحاث ما بعد الدكتوراة في معهد نوفارتس للأبحاث الطبية الحيوية في كمبريدج بولاية ماساتشوستس. وتضيف: "إن الطريقة المصمَّم بها برنامجنا تتيح إمكانية بناء درْب نحو مسار مهني أكاديمي، فالتركيز لدينا يكون على البحث الأساسي، بحيث يكون لدى الباحثين فرصة بناء سِجِلّ قوي من الأبحاث المنشورة". وتابعَتْ بقولها إنّ شركة «نوفارتس» تعي جيدًا أن باحثي ما بعد الدكتوراة يحتاجون أن تكون لديهم

GENENTECH



كان دانيال لافكاس متشككًا في البداية حيال إمكانية أن تتضمن أبحاث ما بعد الدكتوراة في قطاع الصناعة إجراء أبحاث أساسية.

إمكانية لمناقشة مشروعاتهم مع غيرهم من العلماء، "ونظرًا إلى أن هذه الوظائف مؤقتة؛ يحتاج الباحثون إلى أن يكونوا محدَّدين بشأن ما أجروه من أبحاث في مقابلات العمل المستقبلية".

تقول بوند إن حوالي 5% من باحثي ما بعد الدكتوراة في شركة «نوفارتس» يُعَيَّنون في وظائف بدوام كامل في الدوائر الأكاديمية، و8% يعملون لفترة ثانية كباحثين ما بعد الدكتوراة، وكثيرًا ما يكون ذلك في الدوائر الأكاديمية. ومن بين الخريجين حديثًا من برنامج «نوفارتس» لباحثي ما بعد الدكتوراة، سيرينا رينيكر، وهي كيميائية تعمل حاليًّا في المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيوريخ، وأندرياس بيندر، وهو باحث رئيس، يُجْري أبحاثًا عن نُظُم المعلومات الجزيئية بجامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة.

تقول بريستون إن العلماء الذين ينهون برنامجًا قويًّا لأبحاث ما بعد الدكتوراة في قطاع الصناعة من شأنهم أن يكونوا على أتمّ استعداد لبدء مسار مهني في الدوائر الأكاديمية. أمّا نقطة الضعف الأساسية التي تواجههم، فهي أنهم لا يكتسبون خبرة كبيرة في كتابة استمارات الحصول على المِنَح، وهو أمر شديد الأهمية للاستمرار في العمل الأكاديمي. ويتفق جو أرون ـ مدير قسم أبحاث علم المناعة في شركة «جينينتك» ـ على أن الأشخاص الذين يعملون في قطاع الصناعة عادةً ما تكون لديهم تلك الفجوة في حصيلة مهاراتهم، ويقول: "إنهم يخرجون من مرحلة أبحاث ما بعد الدكتوراة، وبداخلهم رهبة كبيرة، وتردُّد فيما يتعلق بالجوانب المالية، في حين يكون باحثو ما بعد الدكتوراة الأكاديميون أكثر انخراطًا في إجراءات المِنَح البحثية"، بيد أنه من الممكن دائمًا تعلُّم كيفية كتابة استمارات التقدم للحصول على منحة، من خلال الندوات، وورش العمل، والدورات عبر الإنترنت، كما توفِّر شركة «جينينتك» لموظفيها برامج خاصة للتدريب على كتابة استمارات التقدم للمنح.

وتقول بريستون إنه من المفهوم أن باحثي ما بعد الدكتوراة في قطاع الصناعة لا يميلون إلى العودة إلى الدوائر الأكاديمية، فبعض الشخصيات تتناسب طبيعتها مع قطاع الصناعة، ومن الطبيعي أن يرغب هؤلاء الذين يتفوقون في هذا المجال في الاستمرار فيه، وتضيف: "في قطاع الصناعة، يجب أن تتحلّى بروح الفريق، وتكون متعاونًا، بينما في المجال الأكاديمي يكون الأشخاص أكثر استقلالًا".

وسواء أكان الباحث متعاونًا، أم لا، يتطلب الالتحاق بشركة بحثية كبرى أن تكون لديه ميزة تنافسية. يقول أرون إنه يتلقَّى مئات الاستمارات للالتحاق بالمعمل الذي يرأسه في كل مرة يعلن فيها عن أماكن شاغرة لباحثي ما بعد الدكتوراة، ويضيف: "إننا نبحث عن علماء متميزين حقًّا، ولديهم الكثير من الإمكانات؛ أمّا مَن هم دون ذلك، فعددهم لا حصر له"، (انظر: «كيف تميِّز سيرتك الذاتية؟»). هذا.. ولم يكن لكثير من العلماء المتميزين تفضيل واضح للدوائر الأكاديمية، أو قطاع الصناعة، وذلك عند التفكير في خيارات أبحاث ما بعد الدكتوراة، ولكنهم كانوا يبحثون عن المرشد المناسب، والمشروع المناسب، بصرف النظر عن المكان الذي يوجد فيه. يقول: "إذا كنتَ عالِمًا موهوبًا؛ فستَرغب في الالتحاق بمؤسسة بارزة في مجال تخصصك، ونحن ننافس أبرز المراكز الأكاديمية والطبية في أبحاث ما بعد الدكتوراة".

ويختتم أرون حديثه قائلًا إنه في نهاية الأمر يمكن أن تكون وظائف ما بعد الدكتوراة في قطاع الصناعة بنفس قيمة وجدوى نظيرتها بالدوائر الأكاديمية، والعكس صحيح؛ "فالعلم النافع يتضح نَفْعه في أي مجال". ■

كريس وولستون كاتب حُرّ، مقيم في مدينة بيلينجز بولاية مونتانا.

حديث المهن

مُنْتَقِي النجوم



حينما كان ناثان ساندرس طالب دكتوراة في مجال علم الفلك بجامعة هارفارد في كمبريدج، ماساتشوستس، تعلَّم استخدام النمذجة الإحصائية في تحليل انفجارات السوبرنوفا. وهو يعمل حاليًّا لدى شركة «ليجندري إنترتينمنت» Legendary Entertainment بالقرب من بوسطن، حيث يَستخدِم تلك المهارات الكَمِّيَّة في التنبؤ بأيّ النجوم وأيّ القصص يمكنها أن تساعد في إنجاح فيلم ما تجاريًّا.

متى فكرتَ في ترك مجال علم الفلك؟

كنتُ قد تعلمتُ إطار عمل حوسبي جديد في دورة إحصاء، ومع تطبيقي للتقنيات الجديدة في أطروحتي؛ أدركت أنني أحب هذا العمل. ويرجع السبب ـ بشكل أساسي ـ إلى النماذج الإحصائية، أكثر من التطبيقات الفلكية. وقد جعلني هذا منفتحًا على فرص جديدة، اعتقدتُ أنني إذا لم أستكشفها؛ فإنني أكون بذلك قد بخستُ نفسي حقها.

ما الذي أعجبكَ في هذا المنصب؟

حينما تم تعييني في عام 2013، كانت الشركة قد افتتحت لتوِّها قسم التحليلات التطبيقية في بوسطن. وبدت تلك فرصة لإعادة التفكير في الطريقة التي تنتقي بها الشركات الأفلام وتجدِّدها، وكذلك في كيفية تدعيم تلك الخيارات. وكان الهدف هو أن تكون هذه الشركة هي الأولى من نوعها في هوليوود، التي تتخذ قرارات على أساس البيانات والبراهين، بدلاً من الحدس.

إلى جانب المهارات الفنية بالطبع.. ما الذي تبحث عنه عند اختيار طاقم العمل؟

أرى أن التواصل الفعّال هو الأساس، حيث يجب أن تنفتح على الأفكار المختلفة، وأن تتحدث إلى الأشخاص المتخصصين في المجال، ومع صنّاع الأفلام، والزملاء الفنيين.

كيف سمعتَ عن هذا المنصب؟

أؤكد على أهمية التطوع، والانفتاح على المجتمع، والانخراط فيه. ففي العام الأول من الدراسات العليا، بدأتُ مشروعًا أسميته «آستروبايتس» Astrobites، وهو مشروع كتابة مشترَك، يلقي الضوء على أهم الموضوعات الفلكية، فيما يشبه «ريدرز دايجست» الفلك. كما تطوعتُ للعمل مع منظمة تقدِّم عروضًا علمية مباشرة، كان مديرها التنفيذي صديقًا لمدير التحليلات لدى شركة «ليجندري إنترتينمنت». كان ذلك من ضمن الروابط العشوائية التي غالبًا ما تخلق فرصة عمل، لكن قد يكون من الصعب اغتنامها من جانب العلماء، إذا ما كانوا يركِّزون تمامًا على العمل على أطروحاتهم فقط، ولا شيء غيرها. ■

أجرت المقابلة مونيا بيكر

تم تحرير هذه المقابلة بغرض الاختصار والتوضيح.

وللمزيد.. انظر: go.nature.com/1t0e2a4.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الدائرة السادسة

كيف تتصل بالتاريخ.

جيه. دبليو. أرمسترونج

بموجب الاتفاق المبرَم منذ زمن طويل، نتقابل فقط في المناطق المهجورة من المدار. وكالمعتاد، وصلت قبل الموعد بوقت قليل، وكنت مُتخفيًا. ربما يكون التَّخَفّي باهظ الثمن، لكنني أراه جزءًا من تكلفة العمل؛ فمجرد التفكير في عواقب انكشاف هويتك غير سارٍّ على الإطلاق.

في الوقت المحدد، تلقيتُ رسالة مشفرة على الموجات المعتمة. كان المرسِل قد تَحَقَّق من أنني بمفردي، وخارج وضعية الإرسال. تشاركنا خَلْع ملابس التَّخَفّي، وعكفنا على العمل، بينما كنا نطفو على أسطح مضادة للجاذبية.

تذكرت لفترة وجيزة لقاءنا الأول. بطبيعة الحال، يُمنع استخدام بطاقات الهوية التي يمكن التحقق منها، وإنما تُستخدم الأسماء الرمزية فقط. في اللقاء الأول، قال إنني يجب أن أدعوه «إسماعيل». بدا لي الاسم رمزيًّا سخيفًا، لكن إسماعيل كان مستمتعًا على نحو ما. بعد ذلك ـ كما هو الحال الآن ـ بدا إسماعيل عند الفحص الأول مثل سائر كائنات الذكاء الاصطناعي التي تسكن المدار؛ فهو شخص عادي، لا يتسم بأي صفات مميزة، ويشبهني بدرجة أو بأخرى، لكنه كان مختلفًا عند تفحُّصه عن قرب، يُعِين نفسه بعناية، وتصميم، وحرص، كأنه شيخ طاعن في السن.

كان يتمتع أيضًا بارتقاء مهاراته؛ مما جعلني أفكر في أن وراءها ثروة طائلة. حسنًا، أعتقد أنه سيكون قادرًا على تحمُّل التكاليف، مهما بلغت.

سأل إسماعيل: "هل المقابل المادي بحوزتك؟"، ورغم أنه صاغ كلامه على هيئة سؤال، لكنه كان أقرب إلى جملة خبرية؛ فأنا دائمًا أمتلك المقابل المادي. أومأت برأسي، مرسِلًا التعليمات عبر مسار تحويلي لا يمكن تتبُّعه.

خلال ميكرو ثانية، تَحَقَّق إسماعيل من إتمام العملية، وأرسل إليّ إحداثيات مشفرة، تجعلني قادرًا على الانتقال الآني إلى هناك مرة واحدة فقط، لكنني لن أستطيع العثور على هذا المكان مرة ثانية. انتقلنا فورًا معًا، وتَجَسَّدنا داخل المختبر المحظور قانونًا.

ينتابني دائمًا فزع مسبَق من رؤية الخلايا العصبية؛ ربما لأن حيازة البشر محظورة قانونًا. كان العديد من البشر ذوي الأدمغة الفارغة يَطْفُون بتَرَاخٍ في خزانات النمو، والأنابيب، ومعدات الدعم المنتشرة في كل مكان. تراجعَت قليلًا حدة الإثارة التي كنتُ أشعر بها، من هول المخاطرة. كان إلقاء القبض عليَّ يعني تقليل مستوى التفعيل الخاص بي إلى وضعية «فَقد الوعي»، والحكم عليَّ بمراقبة العمليات الصناعية إلى الأبد.

رُحْتُ أحلِّق في اتجاه الخزانات؛ فبعد بلوغ نقطة التفرد، لم يعد ثمة دور لأسلافي البشر الغابرين؛ إذ كان فجر نظام جديد قد بزغ، ولم يكن البشر جزءًا منه. لقد اعتقلَت كائنات الذكاء الاصطناعي ـ التي صمَّمها البشرُ من قبل ـ جميع البشر، وأَعمَلَت فيهم أساليب القتل الرحيم، بدافع الشفقة، لا الحقد.

كان المفترَض ـ على الأقل ـ أن جميع البشر قد دُمِّروا، غير أن المواد البيولوجية، وخزانات النمو كانت محفوظة في السر؛ حيث أَبْقَى العلماء على بعضها؛ لإجراء بحوث سرية، لكن معظمها حُفظ من أجل ما كنتُ على وشك أن أفعله.

كما ترى، رغم ما يُلَقَّنه كل فرد من كائنات الذكاء الاصطناعي في مرحلة البرمجة الأولية، إلا أننا لسنا عقولًا محضة. لقد جرى تصميم هذه الكائنات في الأصل على أيدي البشر؛ ومن ثم فهي لا تزال تحتفظ بذكريات قديمة عن التفاعل البيولوجي، وبحنين إليه.



تتعامل العقيدة الرسمية مع هذا الحنين على أنه هرطقة تستوجب العقاب، سواء بإعادة التعلم إجباريًّا، أم بما هو أشدّ، لكن هذه العقيدة لا تنتصر دائمًا؛ إذ تُوجد سوق سوداء لإشباع الرغبات المحرمة.

كنتُ قد سَدَّدتُ رسوم مدة محددة، وما زال إسماعيل يتابع ما يجري عن كثب. نَحَّيتُ الأفكار التاريخية جانبًا، وامتزجتُ عقليًّا بالإنسان الموجود في أقرب الخزانات.

بالإحساس.. لا بالقياس.. تُدرَك درجة الحرارة. التنفس والنبض متناغمان إلى درجة مدهشة. السائل المتحرك يحيط بي، ويدي تصطدم برفق بجدار خزان النمو. ثمة رؤية، لكنها متدنية، وفي الضوء فقط. ليس ثمة إدراك، لكنني أَتَنَعَّم باختلاط التصورات الخام. الزمن يبدو متوقفًا، بينما أنا …

ينقطع الاتصال.

قال إسماعيل: "انتهى وقتك".

تزداد التجربة إثارة، لكن يعقبها دائمًا شعور مدمر بخيبة الأمل. وكالمعتاد، فكرتُ لفترة وجيزة في الخروج، لكنني سرعان ما نبذتُ الفكرة؛ فأنا أشعر بالأمان، لعلمي أنني قادر على التوقف وقتما أريد.

انتهت جلستي، وأرسلَ إليَّ إسماعيل إحداثيات الخروج. وبينما كنا نتأهب للانتقال الفوري، توقَّف فجأة، ورمقني بنظرات متفحصة، متسائلًا: "هل ترغب في تجريب المستوى التالي؟".

لم أفهم مقصده، وأخبرته بذلك.

تمايَلَ إسماعيل بحركة في اتجاه خزانات النمو، قائلًا: "هؤلاء مُدَجَّنون"، ثم بدت نبرة صوته حادة، وهو يسألني: "هل تود أن تجرب المتوحشين؟".

ماجت الأفكار في رأسي، وتساءلتُ: "هل هناك بشر متوحشون؟". تصورتُ أنّ حِفْظَ مجموعة متوحشة من البشر عبر الزمن، على نحو مخالف للقانون، ممكنٌ من حيث المبدأ، لكنْ يا لها من مخاطرة جسيمة! بدت التجربة ضربًا من خيال، لكنني تمتمتُ بالموافقة.

أرسلَ إليَّ إسماعيل مجموعة من الإحداثيات؛ وانتقلنا عبر الفضاء.

هالني ما رأيتُ. لم يكن هذا مختبرًا، وإنما … حديقة حيوانات برية … ربما؟ مجموعة طليقة من البشر، تضمّ رجالًا، ونساء، وأطفالًا، متجمِّعين في بستان قريب وارِف الظلال. كنا في الساعات الأولى من الظهيرة، وكان معظمهم يستريحون في ظلال الأشجار. كانوا أكثر رشاقة وقوة من ذوي الأدمغة الفارغة.

قال إسماعيل: "لن نسمح لهم مطلقًا بتذكُّر أي أحداث ماضية، أو بمعرفة الكثير عن التكنولوجيا؛ وذلك لأسباب أمنية واضحة". بدأ إسماعيل في توضيح المزيد من الحقائق، لكنه كان يمعن التفكير فيما يقوله. وبدلًا من الحديث، أشار في اتجاه القطيع، وسمح ببدء الاتصال. امتزجتُ عقليًّا بأكبر الذكور.

بالإحساس.. لا بالقياس.. أشعرُ بحرارة الشمس، وبثقل جسدي، كما أشعر بالتوازن، وبأنني قوي بدرجة مُطَمْئِنَة. وعلى عكس ذوي الأدمغة الفارغة، أحتفظُ بوَعْيِي. ألتقطُ حجرًا، وأشعرُ بكتلته، بدلًا من قياسه. أقذفه باتجاه شجرة، وأعلمُ ـ دون حسابات ـ أنه سيرتطم بها. أرى ذكرًا ثانيًا، وأُدرِك أنّ عليَّ الدخول معه فورًا في نِزال؛ لفرض الهيمنة. أتأملُ إحدى الإناث، وأجدُ شعورًا متزايدًا بـ … ماذا؟ بالرغبة! إنها تبدو الآن غير جذابة، لكن الذكريات تجيش بداخلي، فلدينا تاريخ مشترك من الصراع، والتزاوج، والأجساد المنهكة. أبتعدُ، و …

ينقطع الاتصال.

هالَنِي زخم التجربة؛ فهؤلاء البشر لا يشبهون ذوي الأدمغة الفارغة في شيء. بذلتُ جهدًا مضنيًا لأتمالك نفسي، وأخيرًا تمتمتُ: "مدهش". لم ينبس إسماعيل ببنت شفة. وفي النهاية، قلتُ: "أريد تكرار التجربة من جديد. كم تتكلف؟".

بدا إسماعيل متململًا، وكأنّ تَوَاصُلنا مفروضٌ عليه. أجابني: "ليس الآن، لكنني سأتصل بك". توقف لبرهة، ثم أضاف: "بالنسبة إلى اليوم، لا تكاليف …" وبينما كنتُ أتلاشى، وأنتقل فورًا إلى إحداثيات الخروج، أضاف إسماعيل: "لأنّ التجربة الأولى مجانية دائمًا". ■

جي. دبليو. أرمسترونج يعمل في مختبر كبير في جنوب كاليفورنيا. يطرح أحيانًا بعض الأسئلة بشأن ذكاء الآلة، والدور الذي يجب أن يقوم به البشر في عالَم ما بعد التفرُّد.

ILLUSTRATION BY JACEY

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية